ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.



HERAUSGEGEBEN
IM
MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

BEGUTACHTUNGS-AUSSCHUSS:

P. SPIEKER, OBER-BAUDIRECTOR. O. BAENSCH, WIRKL. GEH. OBERBAURATH. H. OBERBECK, GEH. OBERBAURATH. O. LORENZ, GEH. BAURATH. DR. H. ZIMMERMANN, GEH. BAURATH.

SCHRIFTLEITER:

OTTO SARRAZIN UND OSKAR HOSSFELD.

JAHRGANG XLII. 1892. HEFT VII BIS IX.

INHALT:

Für den Buchbinder.

Bei dem Einbinden des Jahrgangs sind die „Statistischen Nachweisungen" aus den einzelnen Heften herauszunehmen und — in sich entsprechend geordnet — **vor** dem Inhaltsverzeichnifs des Jahrgangs dem Uebrigen anzufügen.

BERLIN 1892.
VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN
(VORMALS ERNST & KORN)
WILHELMSTRASSE 90.

JAHRGANG XLII. 1892. HEFT VII BIS IX.

Das Dienstgebäude der Königlich Bayerischen Gesandtschaft in Berlin.

(Mit Abbildungen auf Blatt 46 und 46 A. im Atlas.)

Im Laufe der beiden seit der Errichtung des Deutschen Reiches verflossenen Jahrzehnte haben die gröfseren Bundesstaaten früher oder später ihren Gesandtschaften am preufsischen Hofe die Annehmlichkeit eigener Wohn- und Dienstgebäude verschafft. Nur die Königlich Bayerische Gesandtschaft mufste sich bis vor kurzem mit Miethsräumlichkeiten begnügen. Ein um so angenehmerer Besitz ist das Heimwesen geworden, welches sie seit dem Herbste vorigen Jahres ihr eigen nennen darf. Und zwar ist ihr in diesem neuerbauten Hause nicht nur ein behagliches und vornehmes Eigenthum, sondern auch ein Gebäude geschaffen, das in seiner äufseren Erscheinung sowohl wie in seiner inneren Ausgestaltung der bedeutsamen Stellung Bayerns im Deutschen Bunde in jeder Beziehung entspricht.

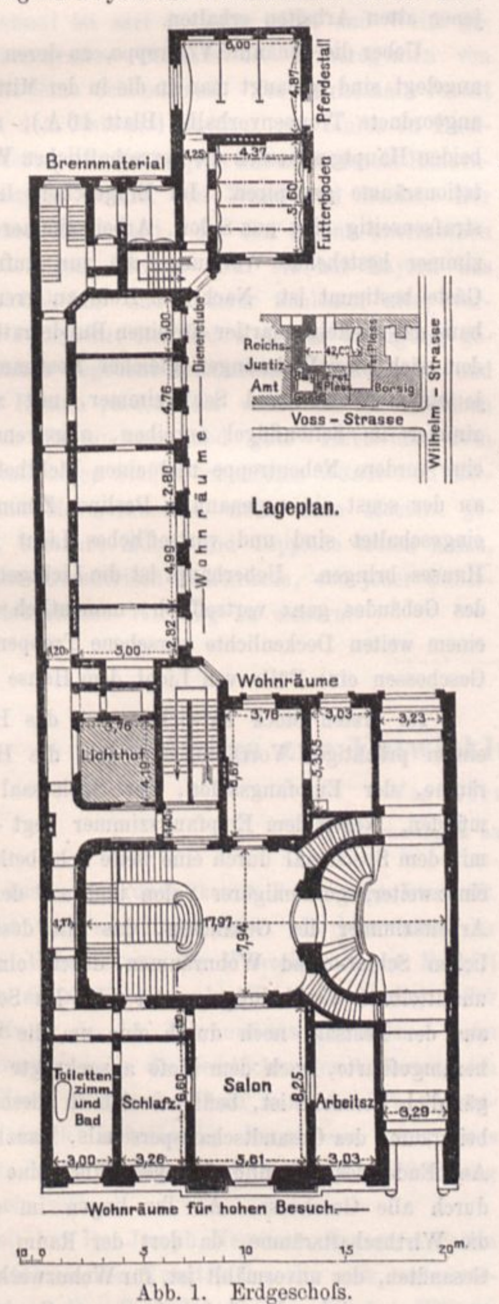


Abb. 1. Erdgeschofs.

Wenn das Kunstland Bayern aufserhalb der blau-weifsen Grenzpfähle ein Haus für den Stellvertreter seiner Krone erbaut, so erwartet man mit Fug eine aufsergewöhnliche architektonische Leistung. Und diese Erwartung ist nicht getäuscht worden. Durch die Wahl der Architektenfirma **Kyllmann & Heyden** hat man sich einer künstlerischen Kraft der Reichshauptstadt versichert, in deren Händen das Haus, von dem hier die Rede sein soll, zu einem auserlesenen Stück neuerer Berliner Architektur geworden ist.

Waren bezüglich der Wahl der Stadtgegend, in der man das Gesandtschaftsgebäude zu errichten hatte, bestimmte Grenzen gezogen, so ist die nicht leichte Aufgabe, einen geeigneten Bauplatz für dasselbe zu gewinnen, sehr glücklich gelöst worden. Das Grundstück Vofsstrafse Nr. 3 liegt mitten im diplomatischen Viertel. In nächster Nachbarschaft in der gleichen Strafse befinden sich die Gesandtschaften Württembergs und Sachsens. Wenige Schritte vom Hause mündet die Vofsstrafse auf die mit Staatsgebäuden und Wohnstätten des diplomatischen Corps dicht besetzte Wilhelmstrafse, und diese erweitert sich hier zum Wilhelmsplatze, auf dem nach Allerhöchster Bestimmung dereinst das Standbild des grofsen Kanzlers und Reichsbegründers Fürsten Bismarck errichtet werden soll.

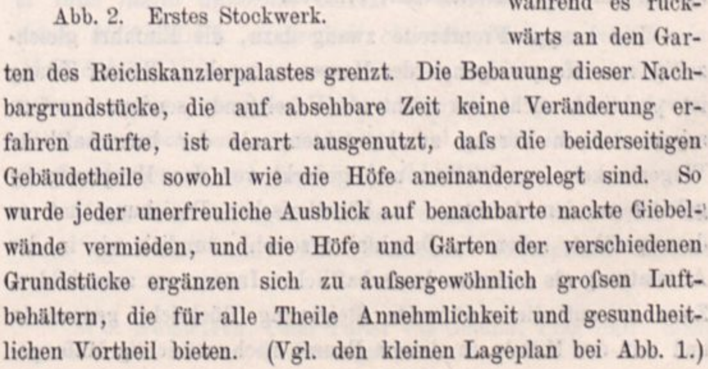


Abb. 2. Erstes Stockwerk.

Aber auch in rein baulicher Beziehung ist das Grundstück sehr günstig ausgewählt. Mit einer allerdings etwas knappen Frontbreite von 20,5 m und einer Tiefe von 58,5 m schiebt es sich zwischen das Reichsjustizamt einerseits und das in der Vofsstrafse belegene Nebengebäude des Fürst Plefs'schen Palastes anderseits, während es rückwärts an den Garten des Reichskanzlerpalastes grenzt. Die Bebauung dieser Nachbargrundstücke, die auf absehbare Zeit keine Veränderung erfahren dürfte, ist derart ausgenutzt, dafs die beiderseitigen Gebäudetheile sowohl wie die Höfe aneinandergelegt sind. So wurde jeder unerfreuliche Ausblick auf benachbarte nackte Giebelwände vermieden, und die Höfe und Gärten der verschiedenen Grundstücke ergänzen sich zu aufsergewöhnlich grofsen Luftbehältern, die für alle Theile Annehmlichkeit und gesundheitlichen Vortheil bieten. (Vgl. den kleinen Lageplan bei Abb. 1.)

Die äufsere Erscheinung des Hauses (Blatt 46) ist edeleinfach und von grofser Vornehmheit. Die über einem hohen Sockel dreigeschossige, in schönen Verhältnissen entworfene Front ist aus hellgrauem Warthauer Sandstein errichtet. Ihre Formen sind die einer strengeren Spätrenaissance. Barocke Elemente mischen sich hinein und sind im Innern mehr und mehr in ein gewähltes Rococo übergeführt. Die Stilschattirungen sind fein ineinander geschmolzen und stellen sich in ihrer Einheit als eine Bauweise dar, welche Adolf Heyden, unabhängig von Modeströmungen, aus der Eigenart seines künstlerischen Empfindens herausgebildet hat.

Die Front hat nur fünf Achsen, deren Entfernung von 3,20 m an den Seiten zu fast 5 m in der Mitte gesteigert ist. Dort ist ein Risalit angelegt, mit vorsichtig knapper Ausladung, um die Einheit der kurzen Front nicht zu zerstören. Im Sockel und in dem nur wagerecht gequaderten Untergeschosse — die Stofsfugen sind nicht betont — ist das Risalit einfach vorgekröpft, darüber aber in eine jonische, beide Geschosse zusammenfassende Pilasterstellung aufgelöst, welche die hier breiteren, etwas reicher bekrönten und architektonisch miteinander verbundenen Fenster umrahmt. Die Pilaster dienen nur zur Wandgliederung. Ihre Ausladung ist deshalb sehr fein und noch durch vorbereitende Wandstreifen abgemildert; der auf ihnen ruhende Balken ist im Intervall zurückgekröpft und von geringer Höhe und gewinnt dadurch an dieser Stelle wie in seinem weiteren Verlauf an den Seitentheilen der Front ein mehr gurtartiges Gepräge. Auch das nur durch einen Zahnschnitt belebte, sonst aus glatten Gliedern bestehende Hauptgesims ist über den Pilastern, wo die Hängeplatte noch durch je ein Consol gestützt wird, beiderseitig gekröpft, sodafs unter der Giebelverdachung Raum für ein grofses, durch die bayerischen Löwen gehaltenes Landeswappen verbleibt. Das Sammeln des Schmuckes an dieser einen Stelle beweist die Meisterschaft des Künstlers und trägt wesentlich zur Vornehmheit der Front bei. Vollendet wird deren bedeutsames Mittenmotiv durch einen Balcon, der vor der mittleren Fensterthür des ersten Stockes in geschwungener Linie auf zwei mächtigen, in die Quaderung eingefügten Consolen ruht. In wagerechtem Sinne ist die Front mit Betonung des ersten, auch seinem Inhalte nach vornehmsten Geschosses gegliedert; ihren oberen Abschlufs bildet eine Traillen-Attika, die über dem Mitteltheil, um dessen Giebelkrönung aufzunehmen, zur geschlossenen Brüstung wird. Die Erscheinung des Daches ist, wie es der Stil und das Strafsenbild erlaubten, unterdrückt; hingegen ist die Seitenfront, soweit sie über den niedrigen Plefs'schen Nebengebäuden in die Erscheinung tritt, vollkommen und im Einklange mit der Vorderfront architektonisch durchgebildet, ein Beweis künstlerischen Empfindens, wie es leider in vielen Fällen selbst Architekten vermissen lassen, die den Anspruch auf volle Meisterschaft erheben.

Die knappe Frontbreite zwang dazu, die Einfahrt gleichzeitig zum Haupteingange des Hauses zu machen. Dieser Zwang ist praktisch nicht nur nicht als Uebelstand, sondern insofern sogar als ein Vorzug zu betrachten, als der herrschaftliche Wagenverkehr unmittelbar und gedeckt vor den Hauptaufgang geleitet werden konnte. In künstlerischer Beziehung hat er dazu geführt, schon die Durchfahrt sowohl räumlich wie in der Ausstattung als vornehm-herrschaftlichen Innenraum auszubilden. Zwar ist auf die erwünschte Steigerung Rücksicht genommen und mit den Mitteln in diesem Raume noch vorsichtig Mafs gehalten, aber immerhin haben edle Baustoffe und erlesene Stuckarbeit schon hier Anwendung gefunden. Die unteren Theile der Wände sind mit polirtem, hell-fleischrothem bayerischem Marmor getäfelt, und in gleichem Steine ist die doppelläufige, geschwungene Aufsentreppe ausgeführt, für deren Anlage sich die Einfahrt in der Mitte zu einem elliptisch ausgerundeten Vorflur erweitert. Darüber ist alles weifs gehalten, und die Wirkung lediglich durch die plastische Behandlung erzielt. Der Stuck ist, wie überall in den bevorzugteren Räumen des Hauses, nach der alten Technik des Barock und Rococo durch den Münchener Reichstagsabgeordneten, Bildhauer Biehl frei an die Wand oder Decke modellirt und hat dadurch den Reiz und die Frische jener alten Arbeiten erhalten.

Ueber die genannte Vortreppe, zu deren Seiten Dienertreppen angelegt sind, gelangt man in die in der Mitte des Vordergebäudes angeordnete Treppenvorhalle (Blatt 46 A.), um die sich in den beiden Hauptgeschossen die herrschaftlichen Wohn- und Repräsentationsräume gruppiren. Im Erdgeschofs liegt an dieser Halle strafsenseitig eine aus Salon, Arbeitszimmer, Schlaf- und Badezimmer bestehende Wohnung, die zur Aufnahme hochgestellter Gäste bestimmt ist. Nach dem Hofe zu grenzt an das Treppenhaus das Absteigequartier für einen Bundesraths-Bevollmächtigten, dem sich zwei Wohnungen gleicher Bestimmung, bestehend aus je einem Wohn- und Schlafzimmer, mit zugehörigem Dienerzimmer im Seitenflügel anreihen, abgetrennt allerdings durch eine vordere Nebentreppe und einen Lichthof, die an der Stelle, an der sonst ein sogenanntes Berliner Zimmer zu liegen pflegt, eingeschaltet sind und vortreffliches Licht in diesen Theil des Hauses bringen. Ueberhaupt ist die Lichtgebung in allen Theilen des Gebäudes ganz vortrefflich; namentlich wird durch das mit einem weiten Deckenlichte versehene Treppenhaus in den oberen Geschossen eine Fülle von Licht dem Hause zugeführt.

Im ersten Stock entwickelt sich das Haupttreppenhaus zu einem prächtigen Vorraum, auf dem die Hauptrepräsentationsräume, der Empfangssalon, der Speisesaal und der Festsaal münden. Neben dem Empfangszimmer liegt auf der einen Seite, mit dem Speisesaal durch eine weite Schiebethür verbunden, noch ein zweiter, geräumigerer Salon und auf der anderen Seite das Arbeitszimmer des Gesandten, das mit dessen darüber befindlichen Schlaf- und Wohnräumen durch eine Wendeltreppe in unmittelbare Verbindung gesetzt ist. Im Seitenflügel, von dem aus der Festsaal noch durch eine um die vordere Nebentreppe herumgeführte, nach dem Hofe ausgekragte Galerie bequem zugänglich gemacht ist, befinden sich in diesem Geschosse die Arbeitsräume des Gesandtschaftspersonals, Kanzlei, Registratur usw. Am Ende des Seitenflügelganges führt eine zweite Nebentreppe durch alle Geschosse. An ihr liegen im obersten Stockwerke die Wirthschaftsräume, da dort der Raum zur Zeit durch den Gesandten, der unvermählt ist, für Wohnzwecke nicht in Anspruch genommen wird. Im äufsersten, zur Gewinnung eines Wirthschaftshofes mehr nach Osten vorgeschobenen Seitenflügeltheile ist zu ebener Erde die Pferdestallung, in einem Zwischengeschosse darüber die Kutscherwohnung angeordnet. In dem auf der Westseite der Front von der Strafse her unmittelbar zugänglichen Untergeschosse haben neben Dienerstuben und sonstigen Haushaltungsräumen die Wohnungen für den Pförtner und einen Kanzleidiener Platz gefunden.

Der Hauptglanz der Innenausstattung ist naturgemäfs in der Treppenhalle und in den Repräsentationsräumen entfaltet.

In der Halle haben namentlich edle polirte Steinsorten für Treppe, Fufsboden und die unteren Theile der Wandbekleidung sowie Stuckarbeit der oben bezeichneten Art von vollendeter Formgebung für die Decken und oberen Wandtheile Anwendung gefunden. Vortreffliche Metallarbeiten an Treppentraillen, Gitterwerk und Beschlägen treten hinzu; eine Glühlichtkrone eigenartiger Erfindung bewirkt im Verein mit zahlreichen Wandlichtern die glänzende abendliche Erleuchtung. Die Farbengebung des Raumes, in dem Weifs und rothe Töne vorherrschen, ist von hohem Reiz und ein neuer Beweis für den seltenen Farbensinn ihres Erfinders.

Die Repräsentationsräume sind von fürstlich-vornehmer Wirkung. Der Festsaal ist zart in Gelb, Gold und Weifs gehalten; ein überlebensgrofses Bildnifs des Prinzregenten von Bayern schmückt die eine Schmalwand. Im Speisesaale fesselt eine köstliche, nach dem Entwurfe Heydens von Hulbe in Hamburg ausgeführte Ledertapete: dunkelgrün mit altgoldenem Rankenwerk, zwischen braunem Getäfel von Wand und Decke. Der Raum ist durch Oberlicht erhellt. In den Salons überraschen vornehmlich die prächtigen Decken. Für sie hat Bayern aus den Beständen Schleifsheims und anderer Schlösser alte, vorzügliche Bilder von Pellegrini, Bellucci u. a. zur Verfügung gestellt, die in das ihnen gegebene ornamentale Rahmenwerk und überhaupt in diese Räume passen, als wären sie für dieselben gemalt. Aber auch Sopraporten und gute Tafelbilder zum Schmucke der mit einfarbigen Stoffen bekleideten Wände sind hergegeben worden, und Marmorkamine, nach alten Mustern gefertigte Kachelöfen, kostbare Möbel und Teppiche treten hinzu, um den Räumen eine künstlerisch einheitliche, von jeder Uebertreibung freie, aristokratische Wirkung zu sichern.

Mit Bezug auf die Bequemlichkeit und Behaglichkeit ist selbstverständlich alles geschehen, was eine Wohnung dieses Ranges zu beanspruchen hat. Die grofse Treppenhalle, ein Theil der Repräsentationsräume, die Arbeitszimmer des Gesandtschaftspersonals, die Flure usw. sind durch eine von Joh. Haag in Augsburg eingerichtete Warmwasserheizung erwärmt; im übrigen hat man, wie schon angedeutet, auf die Behaglichkeit werthvoller und den Zimmerschmuck vervollständigender Oefen und Kamine nicht verzichten wollen. Von der Elektricität ist in einem der Zeit entsprechenden Umfange Gebrauch gemacht; ein Fahrstuhl zur Verbindung der Wirthschafts-, insbesondere Küchenräume mit den unteren Geschossen ist angelegt u. dgl. m. In constructiver Beziehung ist Aufsergewöhnliches nicht zu erwähnen. Die Baukosten haben rund 535 000 ℳ betragen, wovon 25 000 ℳ auf architektonisches Honorar einschliefslich der besonderen Bauleitung, die in Händen des Kgl. sächsischen Regierungsbaumeisters Clausnitzer lag, entfallen. 1 qm bebaute Grundfläche hat 672 ℳ und 1 cbm umbauter Raum 32,20 ℳ gekostet, Sätze, bei deren Beurtheilung zu berücksichtigen ist, dafs das in voller Luxusausstattung durchgebildete Vorderhaus die ungewöhnliche Tiefe von 512,5 qm bedeckt.

An hervorragend bei der Ausführung betheiligten Werkmeistern oder Firmen seien aufser den bereits erwähnten hier noch genannt die Baufirma Held u. Francke in Berlin für die Maurer- und Zimmerarbeiten, Westphal in Berlin für einen Theil der Bildhauerarbeiten, Wimmel u. Co. in Berlin für die Steinmetzarbeiten, Gebr. Pfister in München und M. L. Schleicher in Berlin für die Marmorarbeiten, Wenkel und Trost in Berlin für die Kunst- und Bautischlerarbeiten und Pofsenbacher in München für die Möbel. Hd.

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Gothik.

Von Cornelius Gurlitt.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 47 u. 48 im Atlas.)

Die deutsche Inschriftenkunde kennt kaum eine Inschrift, welche mehr erklärt und umstritten wäre, als jene unter der Büste des zweiten Baumeisters des Wenzeldomes in Prag.[1]) Sie ist geradezu zu einem Knotenpunkt für die Erklärung weiter Gebiete deutscher Kunst des 14. Jahrhunderts geworden. Denn auf ihr baut sich vorzugsweise die Geschichte der bedeutendsten Steinmetzenfamilie jener Zeit auf. Dazu kommt, dafs sie entweder absichtlich durch tschechische Fanatiker, oder, was wahrscheinlicher ist, durch Nachlässigkeit bei einer Auffrischung verändert worden sein soll.

In neuerer Zeit hat Dr. Joseph Neuwirth, dessen Arbeiten zur Geschichte der böhmischen Kunst[2]) ihm die aufs beste verdiente Werthschätzung aller Freunde streng sachlicher Wissenschaft eintrugen, den in jener Inschrift gefeierten Meister in einer Sonderschrift[3]) zum Gegenstande seiner Untersuchung gemacht, in welcher er die für die Deutschen schwer zugängliche tschechische Litteratur benutzte und die vorhandenen wie neu entdeckte Quellen übersichtlich ordnete. Das Buch über den Prager Meister Peter gab mir die Veranlassung lang gepflegte Studien über die Baukunst des 14. und 15. Jahrhunderts wieder aufzunehmen. Die Inschrift lautet nach Neuwirth „*Petrus henrici, arleri de polonia, magistri de gemunden in suevia, secundus magister huius fabrice, quem imperator Karolus IIII^{us} adduxit de dicta civitate et fecit eum magistrum huius ecclesie, et tunc fuerat annorum XXIII et incepit regere anno domini M.CCC.LVI. et perfecit chorum istum anno domini M.CCC.LXXXVI. quo anno incepit sedilia chori illius et infra tempus presciptum eciam incepit et perfecit chorum omnium sanctorum et rexit pontem multavie et incepit a fundo chorum in colonya circa albiam.*“

Unter den streitigen Punkten nimmt die erste Stelle das Wort „*polonia*“ ein. Die Tschechen behaupteten, Meister

1) Vgl. hauptsächlich B. Grueber, Die Kunst des Mittelalters in Böhmen, Wien 1871—79; Horčička, Die Kunstthätigkeit in Prag zur Zeit Karls IV., Prag 1883; Klemm, Württembergische Baumeister und Bildhauer, Stuttgart 1882; Derselbe: Stichwort: Parler in Allgemeine Deutsche Biographie, Leipzig 1875 ff.; Derselbe: Peter Parler von Schwäbisch-Gmünd; im Christlichen Kunstblatt, Stuttgart 1892.

2) J. Neuwirth, Die christl. Kunst in Böhmen, Prag 1888; Derselbe: Die Wochenrechnungen und der Betrieb des Prager Dombaues, Prag 1890; Derselbe: Die Satzungen des Regensburger Steinmetztages im Jahre 1459, Wien 1888; Derselbe: Böhmens Kunstleben unter Karl IV. in Sammlung gemeinnützlicher Vorträge, Prag 1891.

3) J. Neuwirth, Peter Parler von Gmünd, Prag 1891. Siehe dort auch die weiteren Quellenangaben.

Peter stamme aus Polen. Später kam man darauf, Bologna als seine Heimath zu bezeichnen. Beide Annahmen sind hinfällig, denn an Polen darf ernsthaft nicht gedacht werden, Bologna hiefs allezeit lateinisch Bononia. Eine dritte, besser begründete, erst in jüngster Zeit aufgestellte Lesart weist auf Boulogne in Nord-Frankreich.[4]) Neuwirth erklärt diese kurzweg damit als irrig, dafs auch für diese Stadt der lateinische Name Bononia laute. Dies ist wohl für die ältesten Zeiten richtig; aber seit den Karolingern tritt die Rechtschreibung Bolonia ein.[5]) Der einzige von Neuwirth gegen die Annahme gerichtete Einwand ist also hinfällig. Dagegen tritt dieser für die Ansicht ein, es liege hier eine Verderbnifs der Inschrift vor, indem er annimmt, das Wort müfste „Colonia" gelesen werden. Diese Vermuthung — denn mehr ist es auch hier nicht — sucht er dadurch weiter zu begründen, dafs Meister Peter nachweisbar mehrfache Beziehungen zu Köln hatte, und dafs der gleiche Irrthum mit den Anfangsbuchstaben dieses Namens in den Prager Acten sich noch einmal nachweisen lasse. Dies letztere läfst sich auch zu Gunsten der Annahme, dafs sein Vater wirklich Arler geheifsen habe, deuten. Am Schlufs der Inschrift findet sich das Wort „*colonya circa albiam*". Es ist unzweifelhaft dort Kolin an der Elbe gemeint. Wenn man ganz unvoreingenommen die nach Neuwirths Vorschlag abgeänderte Inschrift ansieht, so wird man wohl schwerlich auf den Gedanken kommen, dafs hier mit dem wiederholt auftretenden Colonia zwei verschiedene Orte gemeint seien. Sonst würde Köln „am Rhein" dem Kolin „an der Elbe" ausdrücklich entgegengesetzt worden sein. Es würde unter diesen Umständen anzunehmen sein, dafs Meister Heinrich aus Kolin nach Gemünd übergesiedelt sei. Die ganze Frage ist meiner Ansicht nach noch nicht gelöst und dürfte sich aus den vorhandenen Urkunden überhaupt nicht mit Sicherheit lösen lassen.

Das zweite streitige Wort ist „*arleri*". Man hat lange Zeit den Meister „Heinrich Arler" genannt.[6]) Auch diese Ansicht bekämpft Neuwirth indem er darauf hinweist, dafs Meister Peter (tschechisch Pessek) in den Prager Acten stets Parler, Parlerius, tschechisch Parlerz, genannt wird, und dafs seine Söhne diesen Namen erben. Nach seiner Erklärung wäre Peter also der Sohn Heinrichs des Poliers von Köln. Auch dies ist keineswegs so klar, wie aus Neuwirths Buch hervorzugehen scheint. Zunächst hat die Wortform *parler* etwas Befremdliches. Man hat allgemein angenommen, der Ausdruck, für den wir die Rechtschreibung „Polier" angenommen haben, stelle den Sprecher der Gesellenschaft, den Parleur, dar. Aber weder das moderne Wort „*parleur*", der Sprecher, noch „*parlier*", der Vielsprecher, kommt nach Littré[7]) im älteren Französischen in dem Sinne vor, welcher hier in Frage kommt, oder auch nur in einem ähnlichen.[8]) Ebensowenig fand ich das Wort in den mittelhochdeutschen Wörterbüchern in der Zeit vor dem 14. Jahrhundert vorkommend.[8a]) Im Schwäbischen[9]) wird das Wort *ballier* ausgesprochen, wie denn dort *Ballai* ein Amt, namentlich ein solches des Deutschherrnordens, *baillif*, *balio* ein Aufseher, Geschäftsträger genannt wird. *Baleyr* ist 1506[10]) der Titel eines Mönches in Regensburg, dem eine kirchliche „*ballia*" übergeben ist. Es heifst von einer kirchlichen Brüderschaft: „Die meistere und die balier der schulen (sollen) zusamene chumen zu chapitel." Erst 1553 erscheint in Bayern die Form Parlier. In Frankreich besteht noch das Wort *bailler* geben, pachten; Es hiefs *bailleur* der Verpächter, *bailli* der Amtmann, *baylo* ein Mann, der den Besitz anderer verwaltet, *ballivus* eine Art Klosterbeamter, *bajulus gabillatus* ein Steuervorsteher, *bayulus artificum* ein Gewerbe-Vorstand, „*qui rebus ad artificum spectantibus praefectus est.*"[11]) 1508 erscheint Hugues Bailly als Gehilfe eines Meisters in Troyes.[12]) Auch im Italienischen heifst *balia* die Macht, *balio* und *bailo* der Hofmeister, der Amtmann. In den Niederlanden ist *Baliu* sehr gebräuchlich für einen richterlichen Beamten, Landvogt oder Schlofsbewahrer. *Baelge* heifst die Pallisade aber auch die Barre, die Rechtsbank, *baelgie* das Rechtsgebiet, die Ballei.[13]) Es wäre also hiernach der Polier nicht der Sprecher der Gesellen sondern der „Amtmann". Während des Dombaues stand nach den Prager Wochenrechnungen dem Meister Peter ein „*parlerius*" zur Seite, gelegentlich sogar noch ein zweiter. In Köln heifst der betreffende Baubeamte 1319 „Poleyr",[14]) in Strafsburg 1351 „Parlier"[15]), in der Erfurter Steinmetzordnung von 1423[16]) „Vormund".

Es ist immerhin bedenklich zu glauben, dafs Meister Heinrich, weil er früher Polier war, diesen Namen auch noch als Meister geführt, dafs sich sogar seine Söhne nach ihm genannt hätten. Ich möchte auf eine andere Möglichkeit hinweisen, ohne diese für zuverlässig richtig erklären zu wollen. Zwischen 1359 und 1363 erscheint in den Prager Acten ein „*Johannes pulierer imperatoris*" und werden auch sonst „*politores lapidum*" genannt. In diesen Fällen hat man das Wort mit Polierer, d. h. Glattmacher der Steine, übersetzt nach dem lateinischen *politor*, Glätter, aber auch Zubereiter, Verschönerer. Herzog Georg von Sachsen schreibt noch 1538 vom „bawmeister und dem der dy g'pollirten Stein aufs hawet"[17]) in dem Sinne, dafs der letztere als der Polier aber auch als der Meisselkünstler am Bau aufzufassen ist. So kann der Name Parler doch schliefslich auch auf Polierer zurückgehen, zumal er gerade in der ältesten Form Poleyr, anderwärts *politor* heifst. Klarheit ist auch hier nicht zu erlangen.

Um die Herkunft Meister Heinrichs genauer festzustellen, wird es gut sein, die seiner Brüder mit in Betracht zu ziehen. Es sind dies nach Neuwirths Untersuchung Michel, Johannes

4) Der hervorragendste Vertreter dieser Ansicht ist Dr. E. Paulus. Vergleiche Reutlinger Geschichtsblätter, Reutlingen 1892, Nr. 1. Auch Klemm erklärt sich durch Neuwirth nicht überzeugt. Gonse, L'art gothique, Paris 1891, nimmt ohne weiteres diese Form auch für Heinrichs Sohn auf, indem sie ihn Pierre de Boulogne nennt.

5) A. Leroi, Histoire de Nôtre Dame de Boulogne 1839; Dictionnaire historique et archéologique du Département du Pas-de-Calais, Boulogne 1880. Vgl. auch Gallia christiana II. Aufl. Paris 1876 Band XI, wo Urkunden aus dem 11. Jahrh. diese Lesart haben.

6) Otte, Handbuch der Kunstarchäologie, 5. Aufl. Leipzig 1885; Dohme, Gesch. der deutschen Baukunst, Berlin 1887 u. a. halten an dieser Form fest.

7) Littré, Dictionnaire de la langue française. (Paris 1863—72).

8) Bei D. du Cange, Glossarium mediae latinitatis, Niort 1886, wird parlier, parleur mit „avocat" übersetzt.

8a) M. Lexer, Mittelhochdeutsches Handwörterbuch, Leipzig 1872, kennt polierer, ballierer, palierer, palierer als Glätter und erwähnt es in der Bedeutung als Obergeselle nach Mone erst von 1471.

9) J. C. von Schmid, Schwäbisches Wörterbuch, Stuttgart 1831.

10) J. A. Schmeller, Bayrisches Wörterbuch, Stuttgart 1827.

11) D. du Cange, a. a. O.

12) Marquet de Vasselot, Histoire des sculpteurs français, Paris 1888.

13) Verwiis und Verdam, Middelnederlandsch Woordenboek, Haag 1855.

14) J. J. Merlo, Nachrichten von dem Leben der Kölnischen Künstler, 1850.

15) F. X. Kraus, Kunst und Alterthum in Elsafs-Lothringen. Bd. I. Strafsburg, 1876.

16) Diese werde ich demnächst im Repertorium für Kunstwissenschaft veröffentlichen.

17) Archiv für die Sächs. Geschichte, Dresden 1873, S. 428.

und Heinrich. Johannes ist uns zunächst der wichtigste. Unter den wenigen, ausdrücklich als Hofkünstler bezeichneten Arbeitern Kaiser Karls IV. erscheinen zwei Hofmaler, Nicolaus Wurmser aus Strafsburg und Meister Dietrich, und — wie es scheint — ein Johannes der unter verschiedenen Titeln auftritt: nämlich 1359—1364 als *pulierer imperatoris*, 1373 als *Hanussius aurifaber domini imperatoris*, 1382—1392 als *Johannes pictor regis Romanorum* (also hier schon König Wenzels). Schon Pangerl[18]) wies nach, dafs der Goldschmied Hanusch eine Person sei mit jenem Johannes Galycus oder Galicus, also einem Franzosen, der 1365—1375 in der Malerzeche von Prag erscheint und dort allein als „*Monssier*" bezeichnet wird, und mit jenem Jessco Gallicus, der als Vorbesitzer eines Hauses vor 1401 genannt wird. Wir haben es hier höchst wahrscheinlich mit einer Person zu thun, einem Manne also, der in verschiedenen Künsten glänzte, Steine „polirte", Gold schmiedete und malte. Hierzu kommt noch die Nachricht, dafs 1375—1386 Johann von Prag[19]) die Sandkirche in Breslau wölbte, und dafs dessen Nachfolger Henricus Gallici war, also Heinrich der Sohn des Franzosen. Nun erscheint ein Johannes 1364 und 1365 dreimal in den Acten des Hratschin als Schöffe. Zweimal ist dort sein Name Johannes dictus Parlerz in Pessek (Peter) Parlerz umgeändert, einmal bleibt Johannes Parlerz stehen. Neuwirth nimmt an, dies letztere sei ein Fehler des Schreibers, Johannes also nicht Schöffe gewesen. Sei dem wie es will, es mufs doch einen Johannes Parler gegeben haben, neben dem damals schon lange als Schöffe wirkenden und dem Schreiber sicher genau bekannten Meister Peter. Mir will also scheinen, als sei Johann der Pulierer eine Person mit Johann dem Franzosen und Johann Parler, dem Bruder Peter Parlers. Der Prager Domschatz besitzt einen Reliquienbehälter der das Meisterschild Peters trägt und den Neuwirth dem Schwiegersohne Peters, einem Goldschmiede zuweist. Es bleibt die Frage offen ob nicht auch hier Meister Johannes an die Stelle dieses letzteren zu rücken wäre. Dafs ein Goldschmied und Maler zugleich Steinmetz gewesen sei, was für Italien eben nicht viel Befremdliches hätte, widerstreitet freilich dem deutschen Hüttengesetz, wie wir es aus der Regensburger Ordnung von 1459 kennen. Aber an anderem Ort[19a]) glaube ich bewiesen zu haben, dafs dies Gesetz vor 1459 nicht bestand, das die zünftlerische Abschliefsung der Steinmetzen sich erst im 15. Jahrhundert langsam vollzog und erst mit dem Anfang des 16. Jahrhunderts Gesetz wurde.

Nach der Inschrift fertigt Meister Peter Bildwerke und Holzschnitzereien. Das hätte er nach dem spätgothischen Hüttengesetz auch nicht gedurft. Es soll in der Folge bewiesen werden, dafs die Prager Schule sich durch bewufste Gegnerschaft gegen diesen Zunftzwang auszeichnete. Kein einziges Zeugnifs vom Bestehen einer Hüttenbrüderschaft in Prag während des 14. Jahrh. ist mir bekannt worden. Die Rechnungen des Domes, so genau sie sind, geben keinerlei Andeutung nach dieser Richtung. Die Gemeinschaft, welcher Meister Peter angehörte, scheint allein die Zeche von St. Lucas gewesen zu sein. Am Lucastage, 18. Okt., schliefst 1372 die Jahresrechnung des Domes mit den Worten „*Hic finitus est labor anni presentis*". Die Bauleute erhalten Geschenke. Dies wiederholt sich regelmäfsig zu gleicher Zeit. Der Lucastag war also der Festtag auf dem Bau wie in der Hütte. Der 8. November, der Jahrestag der heil. Vier Gekrönten und als solcher der Hauptfesttag der späteren Hütten wird nicht in dieser Weise gefeiert. Zwar erhält Peter um diese Zeit Geld „*pro veste hiemali*" also für sein Winterkleid, nicht aber zum bestimmten Tage, der ohne Feier vorübergegangen zu sein scheint. Höchst wahrscheinlich gehörte also Peter nur der Zeche an. Im Jahr 1365 erscheinen in deren Listen *Petrus sculptor* und *Venczeslaus sculptor* als die einzigen ihrer Kunstart, 1375 sind sie noch genannt. Es giebt in den Baurechnungen keine gesonderten Bildhauer: Steinmetzen fertigen selbst die feinsten figürlichen Arbeiten. Peter war aber Bildhauer, er schuf Grabmäler mit dem Bildnifs der Todten. Er war also jener *sculptor* der Zeche, Wenzel wohl jener Meister, der 1373 als *locator lapidum* an denselben Grabmälern genannt wird. Mithin wäre wohl auch Meister Peter als *politor* zu bezeichnen. Es bleibt also eine ganze Reihe von Möglichkeiten wie die Anfangsworte jener Inschrift zu übersetzen seien und zwar entweder: Peter, der Sohn Heinrich Arlers[19b]) von Boulogne, Meister von Gmünd — wie mir als das Wahrscheinlichste vorkommt — oder: Peter der Sohn Heinrichs, des Poliers (Amtmanns oder Kunststeinmetzen?) von Köln (oder Kolin?).

Die Absicht meiner obigen Ausführungen war, darauf hinzuweisen, dafs mit Neuwirths Forschungen die Angelegenheit doch noch nicht abgeschlossen ist. Namentlich sind es aber Gründe geschichtlicher und baukritischer Art, die mich für die Ansicht eintreten lassen, dafs die Lesart Arler und Boulogne durch Neuwirth nicht beseitigt sei.[19c])

II.

Als die um ihr Sonderwohl besorgten Kurfürsten des deutschen Reiches 1308 zum dritten mal statt eines starken Fürsten einen kleinen Dynasten, diesmal den Grafen Heinrich von Lützelburg zum deutschen König erwählten, mufste es wieder dessen erste und wichtigste Aufgabe sein, sich eine Hausmacht und durch diese die Fähigkeit einer kräftigen Führung des Scepters zu verschaffen. Damals war das Geschlecht der Přemysliden in Böhmen ausgestorben. Diesen Umstand benutzend, vermählte Heinrich seinen Sohn Johann mit Elisabeth, der Erbin der böhmischen Krone, und erreichte somit, dafs Johann 1310 an der Moldau zum König erwählt wurde. In demselben Jahre, vor dem Zuge Heinrichs nach Italien, übertrug dieser seinem Sohne auch die Grafschaft Lützelburg. Es vereinte also dieser Fürst zwei deutsche Grenzlande unter seiner Herrschaft, jenes im Süd-Osten, in welches die Deutschen am Werke waren eine erhöhte Bildung zu tragen, und jenes im Nord-Westen, welches an die Niederlande, unzweifelhaft eine der begnadetsten Wohnstätten der Cultur jener Zeit, unmittelbar an-

18) Dr. M. Pangerl und Dr. A. Woltmann, Das Buch der Malerzeche in Prag, Wien 1878; J. Neuwirth, Beiträge zur Gesch. der Malerei in Böhmen und Mitth. des Vereins für Gesch. der Deutschen in Böhmen, Prag, 29. Jahrg.

19) H. Lutsch, Verzeichnifs der Kunstdenkmäler der Provinz Schlesien; Breslau 1890 ff. Siehe dort die Litteratur.

19a) In meiner Schrift: Kunst und Künstler am Vorabend der Reformation, Halle 1890.

19b) Ich bemerke, ohne Schlüsse hieraus zu ziehen, dafs Arleux-en-Gohelle der Landsitz der Bischöfe von Arras hiefs und dafs nach J. F. Gangler, Lexicon der Luxemburger Umgangssprache, das Städtchen Arlon in Luxemburg vom Volk Arel genannt wird.

19c) Ebensowenig ist dies der Fall mit Klemms Lesart, die auf veränderter Interpunktion beruhend, nicht Heinrich sondern Peter zum Meister von Schwäbisch-Gmünd macht. Siehe neuerdings: Peter Parler von Schwäbisch-Gmünd im Christl. Kunstblatt, Stuttgart 1892.

stiefs. Der Gegensatz zwischen beiden Ländern mufste dem Sohne Johanns, dem feinsinnigen, 1316 in Prag geborenen Markgrafen Karl von Mähren[20]), schon bei seiner ersten grofsen Reise aufgefallen sein, als er, 12 Jahre alt, nach dem Norden zog. In Paris schlofs er sich einem der hervorragendsten Gelehrten jener Zeit, dem Pierre Rogier an; dieser bildete ihn, den zukünftigen Kaiser Karl IV., zu jener Fügsamkeit gegen die Kirche von Avignon heran, welche seine spätere Regierungszeit auszeichnete. Nach einem zweijährigen Aufenthalt in Italien kam Karl 1333 nach Böhmen zurück, das er durch Unruhen verwüstet und in einem ihm, dem Weitgereisten, gewifs jetzt noch auffälligeren Stande der Unbildung antraf. Der Unterschied zwischen den Slaven, welche damals unter deutscher Führung erst eine epische und lyrische Dichtung, ein erhöhtes kirchliches Leben erhielten, und den Parisern, in deren Mitte die gröfste Universität jener Zeit aufblühte, und Italien, wo Karl überall Petrarcas Spuren gefunden hatte, mufste zum Vergleich und bei einem tiefer angelegten Fürsten zum Wunsche der geistigen Vermittlung hinlenken.

Als Karl zum zweiten Male nach dem Westen zog, scheint er schon entschlossen gewesen zu sein, Reiser von dort zur Verpflanzung zurückzubringen. Er hatte sich 1339 an der Universität in Montpellier einschreiben lassen, welche drei „Nationen", die Burgunder, Provençalen und Catalonier beherbergte. Dort, wo also unter dem unverkennbaren Einflufs der hohen maurisch-jüdischen, wissenschaftlichen Cultur der französische Geist mit spanischem sich mischte, suchte er die Quellen der Erkenntnifs, aber auch Belehrung über die Art, wie ein Gemisch von Völkern zu gemeinsamem Schaffen zu vereinen sei. Den Winter auf 1340 verlebte Karl am päpstlichen Hof in Avignon. Dort traf er seinen Lehrer Rogier wieder, der inzwischen sich zu einem gewichtigen Kirchenfürsten emporgearbeitet hatte.

Geboren im Limousin wurde Pierre Rogier de Beaufort[21]), nachdem er in Paris studiert hatte, Mönch zu Chaise-Dieu in der Auvergne. Begünstigt durch Erzbischof Pierre de Mortemar wurde er Abt des berühmten Benedictinerklosters in Fécamp am Canal und somit nach dem Norden versetzt. Ende 1328 wurde er Bischof von Arras, bald darauf Siegelbewahrer König Philipps VI. von Valois, der am 23. März 1328 in Rheims gekrönt worden war. Damals waren noch ein Theil von Flandern, Artois, Vermandois französisches Kronland, Ponthieu und Calais aber englisch. In dem grofsen Kampfe, welche der Einbruch der Engländer nach Frankreich hervorgerufen hatte, lag die Entscheidung in jener vielumstrittenen Gegend. Unter König Johann II. dem Guten ging dann noch Guisne bei Calais verloren. Im Jahre 1355 gewann Herzog Wenzel von Lützelburg Brabant durch Erbschaft. Kemmerich (Cambrai), Hennegau und Lüttich waren selbständige geistliche Gebiete. Das so politisch zerklüftete Land ist im Norden von den germanischen Vlämen, westlich von S. Omer und Arras (Arterich) von Franzosen, den schon stark mit fremden Blute untermischten Artésiens, und östlich von Cambray und Lille von den gleichfalls romanischen Wallonen bewohnt. Es vollzog sich also hier leichter als sonst in der Welt in Frieden und Krieg der geistige Austausch zwischen den eng aufeinanderstofsenden Staaten und Völkern.

Pierre Rogier neigte seiner Geburt nach zu Frankreich hinüber. Er war Provisor der Pariser Sorbonne, der er sich in seiner Gelehrsamkeit und seiner ganzen humanistischen Weltauffassung anschlofs. In Frankreich fand er auch seine glänzende Laufbahn. Im Dezember 1330 stieg er zum Erzbischof von Rouen auf, 1338 zum Cardinal und am 7. Mai 1342 wurde er in Avignon zum Papst erwählt, als welcher er sich den Namen Clemens VI. beilegte. Als solcher führte er die Absetzung Kaiser Ludwigs des Bayern und die Wahl seines jüngeren Freundes Karl von Mähren zum Kaiser durch, der am 25. Juli 1349 in Aachen als Karl IV. endgiltig gekrönt wurde.

Clemens VI. war jedenfalls einer der glänzendsten Päpste in Avignon. Man hat ihn den französischen Leo X. genannt. Seine Bauthätigkeit war überall eine bedeutende. Unter seinem Erzbisthum wurde die Kirche St. Ouen in Rouen, welche 1326 gegründet worden war, hauptsächlich erbaut. Denn bis 1339 waren die wichtigsten Theile des Chores schon fertig, als der Krieg mit England die Bauthätigkeit unterbrach. Die formenstrenge, etwas schwerfällige Kathedrale von Chaise Dieu ist Clemens' Werk. In Avignon entstand unter ihm im Papstpalaste die Galerie des Conclaves, der Consistoriensaal, der Thurm Saint-Jean mit seinen von den Schülern Simone Martinis gefertigten Fresken. Unter ihm entstand ferner das Grabmal seines Vorgängers Benedict XII. († 1342) und wahrscheinlich auch jenes von Johannes XXII. († 1334). Diese Werke schwebten wohl auch Kaiser Karl IV. vor Augen, als er in Prag eine neue Kunststätte zu schaffen begann. Denn Prag wurde damals nicht nur zu einem Mittelpunkte des politischen Lebens des deutschen Volkes sondern auch der internationalen geistigen Entwicklung. Als dauernder Wohnort des Kaisers lenkte es die Blicke aller Völker auf sich. Das Reich der Lützelburger wuchs mit Macht. Seit 1310 im Besitz von Böhmen, gewann Johann von Lützelburg 1324 die Oberlausitz, 1329 die schlesischen Herzogthümer. Johanns Sohn Karl übernahm 1333 Mähren in eigene Verwaltung; 1348 löste Karl Böhmen aus dem Reichsverbande und verkündete die ewige Zugehörigkeit der Markgrafschaft Bautzen und Görlitz, der Stadt Breslau, des Fürstenthums und der Grafschaft Glatz, sowie der schlesischen Herzogthümer zu Böhmen; 1353 vereinigte er den nördlichen Theil der Oberpfalz, 1368 den Rest von Schlesien und der Lausitz, 1373 auch die Mark Brandenburg mit seinen Erblanden, in denen sich fast der ganze ursprünglich slavische Osten Deutschlands vereinigte.

Wenn auch schon unter Karls IV. Söhnen das grofse Reich wieder getheilt wurde, so wirkt doch die Zusammengehörigkeit dieser Lande auch auf die politischen Verhältnisse noch lange nach. Wir sehen in der Kunst, und zwar in der Gliederung der Steinmetzhütten, diese Grenzen noch bis ins 16. Jahrhundert hinein wirksam.

Nicht minder wichtig war die Gründung eines Erzbisthums Prag im Jahre 1343. Diesem wurden die Bischofskirchen von Meissen, Regensburg, Olmütz und Leitomischl unterstellt. Namentlich die Unterstellung der beiden erstgenannten Diöcesen äufserte sich wieder im Hüttenwesen der Folgezeit.

Die grofsen geistigen Stürme des 14. und 15. Jahrhunderts haben an wenig Orten stärkere Wirkungen gezeigt als in Prag.

20) Friedjung, Kaiser Karl IV. und sein Antheil am geistigen Leben seiner Zeit (Wien 1876). Dort auch die weiteren Litteraturangaben.

21) Gallia christiana II. Aufl. Paris 1876, Band III. S. 336 (Arras), Band XI. S. 77 (Rouen); Band III. S. 1256: Petrus, Erzbischof von Sens, scheint eine andere Persönlichkeit gewesen zu sein als Peter Rogier.

Dort war eine Heimstätte der religiösen, gegen die römische Kirche gerichteten Strömungen, die dort auch in Hus den leidenschaftlichen Vertreter fanden. Hus war aber nicht weniger Feind der Deutschen als der herrschenden Kirchenpartei. In ihm verkörpert sich der Rückschlag des tschechischen Volkes gegen die ihr durch Karl IV. künstlich aufgepfropfte fremde Bildung, gegen das internationale, doch nur mit Hilfe der Deutschen gehaltene Wesen seines Reiches. Denn von Jahr zu Jahr ansteigend war trotz dieser internationalen Neigungen des Kaisers und seines unfähigen Nachfolgers Wenzel das deutsche Wesen in Prag zu einer den Neid des Tschechen erweckenden Macht herangewachsen.

An diese Thatsachen mufste erinnert werden, um die eigenthümlichen Vorgänge auch im Bauwesen von Prag unter Karls IV. Herrschaft zu erklären. Karl war kein Deutscher, wie er auch kein Franzose, Niederländer oder gar Tscheche gewesen ist. Ihm fehlte der Begriff der Nationalität. Daher glaubte er wohl auch, dafs es am besten in Prag möglich sei, eine Allerwelts-Bildung in seinem Allerweltsreiche ins Leben zu rufen, wie er sie etwa in dem nicht minder internationalen Montpellier und Avignon oder an der Sprachgrenze zwischen Deutschen, Franzosen und Engländern im Norden kennen gelernt hatte. Er war dem Deutschen nicht feindselig, ebensowenig wie dem Tschechischen, aber er hatte zu keinem Volk einen starken inneren Zug. Er strebte die Versöhnung der Nationen an, die sich gegenseitig unter der römisch-deutschen Kaiserkrone ergänzen sollten, und erndtete gerade hieraus den bittersten Racenkrieg, seit die Slaven, am Wissen und Können der Eingewanderten geistig erstarkt und zum Selbstgefühl gelangt, sich der letzten Gedanken der westlichen Wissenschaft leidenschaftlich bemächtigten und — nicht gebändigt durch die Kraft einer überlieferten Bildung — in der rücksichtslosen Durchführung der überkommenen Ideen und ihres trotzigen Nationalgefühls sich selber wieder in die Barbarei zurückstiefsen, die Träger fremder Bildung verjagend.

III.

Die enge Verbindung des in Böhmen Hof haltenden Kaisers mit seinen Stammlanden im Nordwesten und mit dem Papst in Avignon mufste sich in der Gestaltung der künstlerischen Dinge an der Moldau aussprechen. Die Thatsache, dafs französische Bauleute damals in Böhmen gesucht waren, ist eine längstbekannte. Zunächst kam 1332 Meister Wilhelm von Avignon mit drei Gesellen nach Raudnitz an der Elbe zum dortigen Brückenbau. Dieser kehrte bald wieder in seine Heimath zurück, da von andern Einwanderern (*ab aliis adventis*) die böhmischen Werkmeister genug unterrichtet waren. Die Cistercienser erwiesen sich hier wie aller Orten als rege Förderer des Bauwesens. Als ihr Meister erscheint in Zwetl an der oberösterreichischen Grenze 1343 Meister Johannes, dessen Chorbau unverkennbar auf Frankreich weist. Man war sich sichtlich vollkommen bewufst, dafs dort eine andere Bauweise herrsche. König Johann von Böhmen spricht es 1335 geradezu aus, er wolle in Prag viel „*modo gallico*" bauen. Als dann Kaiser Karl IV. den Prager Dombau für sein neues Erzbisthum begann, berief er hierzu, wie durch eine Inschrift sicher feststeht, aus Avignon den Meister Matthias „*natus de arras, civitate francie.*" Also war Matthias aus der Nachbarschaft von Boulogne zu Hause, aus der Stadt, deren Bischof Rogier seit 1328 gewesen war. Im Jahr 1340, als Karl und Rogier zusammen in Avignon sich aufhielten, mag der erstere den Meister kennen gelernt haben, der seinem Bischof in den damaligen Mittelpunkt der Christenheit gefolgt war; und von dort kam er 1344 nach Prag.

Ueber die Baugeschichte von Arras selbst bin ich wenig unterrichtet.[22]) Das Meiste von Bedeutung, was dort erbaut worden ist, wurde zerstört. Zweifellos aber lag Arras inmitten eines Landstriches, in welchem eine bedeutende Kunst zu Anfang des 14. Jahrhunderts blühte. Schon de Laborde[23]), Waagen[24]), Courajod[25]), Bernard Prost[26]) stellen die Ueberlegenheit der Bildhauer jener Gegenden, namentlich der von Tournai fest. In Paris erscheint 1308 ein Johann d'Arras als Mitarbeiter am Grabmal Philipps des Kühnen († 1285), dessen Plan Peter von Chelles entwarf. In den Pariser Acten findet sich gleichzeitig ein „*Jehan l'ymagier*" und ein „*Jehan le peintre*". Prost nimmt an, dafs dieser dieselbe Person mit dem Meister von Arras sei, also auch hier, wie bei Johannes Gallicus, mehrere Künste in einer Person vereint waren. In den Werken dieses Meisters, ebenso wie in jenen des 1311—1317 am Denkmal des Robert von Arras arbeitenden Jean Pépin von Huy bei Lüttich, des Jean de Liège (1372) und anderer zeigt sich der grofse Einflufs des flämischen Realismus auf alle französischen Künstler jener Zeit. Nach allen Seiten gab damals Flandern seine Steinmetzen ab. Pierre d'Arras erscheint 1386 als Baumeister und Bildner an der Kathedrale von Amiens.[27]) Die grofsen Dombauten in dem Geburtslande der Gothik, der Isle de France, und den sich nördlich anschliefsenden Landestheilen, in Flandern, dem Hennegau, Arterich, waren eben noch im vollen Gange gewesen und bildeten eine hohe Schule der Kunst, als 1339 die grofsen Erbschaftskriege zwischen Frankreich und England ausbrachen. Aus jenen Landstrichen gingen eine Reihe von Meistern nach Deutschland. Ich nenne nur den Meister Jacob in Xanten (1302),[28]) der aus Brabant oder Nordfrankreich nach dem Rhein kam, den Johannes von Douai, der 1358 dort eintrifft und bald weiter zieht. Anderseits mögen die Namen einiger Künstler aus Boulogne hier aufgeführt werden. Da ist Jake oder Jacemon de Bouloigne, Waffen- und Malermeister in Hesdin (1307), Laurent de Boulogne ein bis 1326 arbeitender Maler[28a])

Es fragt sich vor allem, ob man etwa die in Böhmen auftretenden Meister auch in Avignon nachweisen kann. Mit Meister Wilhelm (1333) hat dies bereits ein tschechischer Schriftsteller versucht, indem er auf den Werkmeister des Papstes Johann XXII. (1314—1334) hinwies, Guillelmus de Cucurone.[28b]) Die

22) A. Terninck, La cathédrale d'Arras, Arras 1853; Derselbe, Histoire de l'architecture d'Arras, Arras 1879; Dictionnaire historique et archéolog. du Dép. Pas de Calais, (Arrond. Arras) Boulogne; Carvois, Cartulaire de Notre Dame à Arras, Arras 1876.

23) Les Ducs de Bourgogne I. p. 95.

24) Deutsches Kunstblatt 1856 Nr. 27.

25) Alexander Lenoir, Band IV.

26) Gazette des beaux arts, Paris 1887, Band II.

27) H. Dusevel, Recherches histor. sur les ouvrages executés dans la ville d'Amiens, Amiens 1858; P. Lacroix, Les arts au Moyen-âge et à l'époque de la Renaissance, Paris 1869; Eméric David, Histoire de la sculpture française, Paris 1853.

28) Stephan Beifsel, Die Bauführung des Mittelalters. 2. Aufl., Freiberg 1889.

28a) Dictionnaire historique et archéologique du Département du Pas-de-Calais, Boulogne 1880.

28b) Neuwirth, Wochenrechnungen a. a. O. S. 398.

neuen Actenfunde von Lasteyrie und Münz[28c]) haben einige weitere Aufschlüsse gegeben: Im Jahre 1335 wird Pierre Poisson (Peyssonis) aus Mirepoix Architekt des päpstlichen Schlosses und etwa gleichzeitig sein Bruder Jean Poisson (Johannes Piscis), „recteur" der Kirche d'Esculenchis in Narbonne, nach Rom gesendet, um dort die Wiederherstellung von St. Peter im Vatican zu leiten, also zu einer der wichtigsten Aufgaben der katholischen Christenheit. Im Jahr 1332 war der berühmte, in nordfranzösischer Schmuckgothik erbaute Chor der Cathedrale Saint-Just in Narbonne vollendet worden. Dieser Bau dürfte bisher den Meister Johannes beschäftigt haben. Er war, wie die meisten Architekten des Hofes von Avignon, ein Geistlicher. Sein Tod erfolgte in Rom 1338. Dorthin war ihm sein Neffe Petrus, Johannis de Cornesano, clericus Carcossensis als Gehilfe nachgeschickt worden. Es ist dies also, wenn ich richtig interpunctire, Peter der Sohn des Johannes in Cornegliano (südlich von Turin), Geistlicher in Carcassonne. Sein Nachfolger wurde Petrus, Laurentii, canonicus Atrebatensis also Peter, der Sohn des Lorenz, Canonicus in Arras und neben diesem Thomas Guirandus d'Avignon, der ausdrücklich im Gegensatz zu den meisten Avignoner Architekten „laycus" genannt wird. Wir erkennen hieraus, dafs der Vorgang, nach welchem Kaiser Karl IV. aus Avignon nordfranzösische Architekten nach auswärts bezog, nicht vereinzelt dasteht. Selbst nach Rom wurden zwei nordische Meister gesendet, da neben Peter von Arras auch Jean Poisson (aus Poissy, Pisciacum, Poissiacum?) als solcher angesehen werden kann.

Als der Verfertiger des Grabmals für Papst Benedict XII. in Avignon wird 1342—1345 Johannes Lavenier aus Paris genannt. Es ist dies ein Werk ganz im Sinne der flandrischen Schule. Der Papst liegt lang gestreckt auf einer Tumba in einem gothischen Aufbau. Leider ist uns ein schlechter Stich erhalten. Das Grabmal Clemens' VI. selbst vom Jahr 1351, welches sich in Chaise Dieu befindet war von einer Balustrade und Trauernden umgeben. Es war ein Werk des Pierre Roye und seiner Schüler Jean de Sanholis und Jean David.[28d])

Dem Pierre Poisson folgte als päpstlicher Architekt schon vor 1348 Johannes de Luperia.[28e]) Denn in diesem Jahre schliefst dieser Meister mit dem Baudirector und mit seinem leiblichen Neffen Herricus, Godefredi, dictus de Luperia einen Vertrag, dafs dieser ihn an dem Bau vertrete, da er eiligst „ad partes Francie" sich zu begeben beabsichtige. Im Jahr 1355 wird Johannes wieder als in Avignon anwesend genannt.

Diese Angaben bringen keine unmittelbaren Anknüpfungen an Böhmen, aufser die Verwandtschaft der Namen, auf die jedoch bei deren geringer damals verwendeter Zahl wenig zu geben ist. Das frühe Auftreten der Brüder Meister Peters in Böhmen und der Umstand, dafs einer von diesen, Michael, allem Anschein nach 1384 in böhmischen Acten Michael von Savoyen genannt wird, verdient angesichts der Herkunft Peters von Carcassonne aus Cornegliano Beachtung, ebenso wie das Verschicken des Peter von Arras von Avignon nach Rom fast gleichzeitig mit dem des Matthias von Arras nach Prag.

Im Jahr 1351 wurde bekanntlich der Grundstein der Heiliggeistkirche in Schwäbisch Gmünd gelegt, 1356 wird Meister Heinrich dort noch genannt.[29]) Es ist nicht unmöglich, dafs Meister Johannes de Luperias Reise von 1348 mit diesem Bau zu thun hatte, und dafs sein Neffe, Meister Heinrich von Luperia, der Sohn Gottfrieds, mit dem später nach Gmünd benannten Architekten eine Person ist. Freilich, Schlüsse lassen sich auf diese Vermuthung nicht bauen!

IV.

Wichtiger als diese lückenhaften archivalischen Nachweise ist die Darstellung des kunstgeschichtlichen Zusammenhanges der böhmischen Kunst mit der „französischen Art", welche schon König Johann liebte.

Betrachten wir den Prager Dom (Bl. 47 Abb. 8) als den wichtigsten Bau Böhmens, und zwar zunächst nach der Grundrifsbildung. Der Capellenkranz am Chorhaupt entspricht dem auch in Köln zur Anwendung gekommenen Vorbilde der Kathedrale von Amiens. Eigenartig ist die gröfsere Zahl der Gewölbjoche zwischen Querschiff und Haupt, deren Prag fünf hat. Wohl zweifellos gehört die Anlage aller dieser noch der Zeit an, in der Meister Matthias den Bau leitete. Ferner ist ein sehr wichtiger Unterschied der Umstand, dafs der Chor in Prag dreischiffig ist, während er in Köln und Amiens fünf Schiffe hat. In Prag sind an Stelle der äufseren Nebenschiffe Capellenreihen, Fortsetzungen der das Chorhaupt umgebenden Capellen, angeordnet. Wenn nun gleich unter Matthias an der Südseite nur $2^1/_2$ dieser fünfseitigen Capellen, an der Nordseite nur eine errichtet wurde, so ist doch wohl unzweifelhaft, dafs sie ursprünglich mindestens für die Länge des Chores an allen Jochen beabsichtigt waren. Diese Capellenreihen an den Langseiten der Chöre haben ihre Heimath in der Languedoc, also in dem Landstriche, in welchem die Päpste damals ihren Sitz aufgeschlagen hatten und Karl IV. einen wichtigen Theil seiner Jugend zubrachte.

Die Vergleichung der Grundrisse ergiebt zunächst eine auffällige Aehnlichkeit zwischen den Domen in Prag und in Barcelona (Bl. 47 Abb. 6). Der letzte ist der ältere. Im Jahr 1298 begonnen, wurde er 1329 vollendet. Architekt des Baues war seit 1307 Jayme Fabre aus Palma.[30]) Der Chor von Barcelona unterscheidet sich von dem von Prag zunächst durch die gröfsere Zahl der Vielecksseiten (5 : 7); dann dadurch, dafs zwischen Haupt- und Chorschiff sich nur zwei, doch ungleich breitere Joche befinden. Zu Seiten dieser sind jetzt neuere Capelleneinbauten errichtet. Aber unverkennbar ist es dem System gemäfs, dafs jene fünfseitigen Capellen, die am Chor und am Langhaus sich hinziehen, auch zwischen Querhaus und Chorhaupt geplant waren. Je eine davon wurde nur ausgeführt. Ein weiterer Punkt der Uebereinstimmung ist die Anordnung des wenig bedeutenden Querhauses, welches wohl zweifellos durch den ganz gegen deutsche und nordfranzösische Sitte an die Südseite gestellten

28c) Bulletin de la société nationale des antiquaries, Paris 1882 S. 281; 1886 S. 111; 1887 S. 136. 142; 1890 S. 202.

28d) Gazette des beaux arts; Paris 1885 Band II; Bulletin archéologique du Comité des Travaux historiques et scientifiques, 1884; Gonse, L'art gothique Paris 1891; Marquet de Vasselot, Histoire des sculpteurs français, Paris 1888.

28e) Luperia ist nach La Curne dela Sainte Palaye, Dictionnaire historique de l'ancien langage françoise, Niort 1880, „locus ubi sunt lupi."

29) Klemm, in Allg. Deutsche Biographie a. a. O. Stichwort: Parler.

30) George E. Street, Some account of Gothic Architecture in Spain. London 1869; J. Graus, Kunstbetrachtungen auf einer Reise nach Spanien. Kirchenschmuck, Graz 1887—1888; Junghändel, Die Baukunst Spaniens, Dresden 1891.

Thurm und das Portal vor diesem in Prag in gleicher Weise angedeutet wird, wie es in Barcelona ausgeführt wurde.

Beide Grundrifsanlagen sind, wie bereits gesagt, Fortbildungen der bekannten Chorformen von Amiens und Köln. In gewissem Sinn ist dies auch bei der 1343—1383 von Meister Johannes errichteten Klosterkirche von Zwetl der Fall.[31]) Auch hier wird aber der Capellenkranz über das Querschiff hinaus fortgesetzt. So erscheint wenigstens durch zwei Capellen an der Südseite die Absicht angedeutet. Bei allen drei Kirchen ist das Querschiff wenig ausgebildet, tritt es vor die Flucht der Capellen nicht hervor, hat es keine Seitenschiffe. Zwetl hat mit Barcelona eine sehr wichtige Uebereinstimmung, welche sie z. B. von Paris, Amiens und Köln grundsätzlich unterscheidet, nämlich dafs der Chor als Halle ausgebildet ist. Dadurch schwindet die Bedeutung der Querschiffe von selbst. Prag hat diese Eigenschaft nicht.

Wir müssen uns nun die Frage vorlegen, ob es möglich ist, dafs auch der Prager Chor ursprünglich als Halle gedacht war. Nach der technischen Seite spricht nichts dagegen. Die Ausbildung der Grundrisse von Barcelona und Zwetl beweisen dies. Auch der Umstand, dafs in Prag das Seitenschiff schmal ist, zum Hauptschiff sich verhält wie 1 : 2,5, in Barcelona wie 1 : 2, in Zwetl wie 1 : 1,6, beweist nicht unbedingt, dafs ein niederes Seitenschiff geplant war. Es finden sich auch in Deutschland schmale hochaufsteigende Seitenschiffe, wie in Marburg, wo das Verhältnifs etwa 1 : 2 beträgt. Am Dom in Meissen wurden nachweisbar seit etwa 1370 die niederen Seitenschiffe in eine Halle umgewandelt.[32])

Es steht nunmehr sicher fest, dafs Meister Heinrich den Chor der Heiligkreuzkirche in Schwäb.-Gmünd (Bl. 48 Abb. 13) baute, der seit 1351 angelegt wurde.[33]) Wir finden an dieser wieder alle Eigenthümlichkeiten der Kirchen des Languedoc, nämlich den hallenförmigen Umgang, die weit ausgedehnte Capellenanlage, das unentschiedene Querschiff mit dem Treppenthürmchen, das fast nie fehlt, die 1497 eingestürzten Thürme an der Nord- und Südendung des Chores. Eine Umänderung des Planes findet sich hauptsächlich darin, dafs nach aufsen die einzelnen Capellen nicht mehr als solche erscheinen, dafs vielmehr die Umfassungslinie eine geschlossene Gestalt zeigt. Derselben Gestalt begegnet man an dem selbständig von Meister Peter, Heinrichs Sohn, entworfenen Chorbau, jenem von Kolin[34]) (Bl. 47 Abb. 9), welcher 1360, also nur 9 Jahre nach jenem in Gmünd, begonnen wurde. Hier führte Peter mit aller Entschiedenheit den Umgang als Halle durch. Es scheint auch die Absicht bestanden zu haben, die Capellenreihe an den Langseiten fortzuführen. Dafür spricht der Ansatz der ersten im Süden.

In dem zweiten Chorbau, welchen ein Heinrich von Gmünd — sei es nun jener Heinrich Arler oder Parler, oder nicht — 1354 anlegte, jenem des Münsters in Freiburg i. B.[35]), erscheint ein Streben nach Vereinfachung der Prager Form, indem die Capellen zwischen den Pfeilern nur zwei Seiten zeigen, als Fünfeck gebildet sind, während sie in Prag noch aus einem Sechseck bestehen. Auch schreitet in Freiburg das Einziehen der Strebepfeiler in den Körper der Capellen weiter fort; dabei scheut sich der planende Baumeister nicht, je einen Pfeiler in die Achse der Capellen, ja schliefslich einen solchen in die Gesamtachse des Baues zu stellen, wie dies auch Meister Peter in anderer Weise in Kolin anordnete und wie dies in Böhmen schon früher vorkommt.

Dieser Choranlage verwandt ist jene der Barbarakirche zu Kuttenberg in Böhmen[36]) (Bl. 48 Abb. 12), welche aber vor 1388 nicht begonnen wurde. Sie zeigt eine St. Ouen in Rouen sehr verwandte geschlossene Umfassungslinie bei niederem Umgange, stellt also die Fortführung der Systemreihe Prag-Freiburg dar. Im Aufrifs, welchen die Prager Meister beeinflufsten — Peters Sohn Johannes Parler, der dritte Dombaumeister von Prag, ist höchst wahrscheinlich an ihm betheiligt — erscheinen wieder mehr nordfranzösische Anklänge, während die dreieckige Form der Pfeilerkörper, wie sie Kolin und Kuttenberg zeigen, unmittelbar dem Languedoc entnommen sind, ebenso wie das Zusammenfassen des Capellenkranzes zu einer geschlossenen Aufsenlinie und die Gliederung dieser durch bescheidene lisenenartige Streifen. Dieselbe Gestaltung tritt uns entgegen an der Kirche St. Maria del Mar in Barcelona[37]) (Bl. 47 Abb. 10), welche laut Inschrift 1328 begonnen wurde, mithin als Vorbild zu gelten hat. Diese hat ringsum Capellen, entbehrt völlig der Querschiffanlage und zeigt jene durchweg geschlossene Linie ringsum, aufser an der Westseite. Es ist hier also der Typus in seiner vollen Schärfe zum Ausdruck gebracht. Verwandte Anordnung kehrt wieder an S. Maria del Pi (Bl. 47 Abb. 11) und an St. Just y Pastor, beide in Barcelona, namentlich aber an dem grofsartigen Chorbau von Gerona (Bl. 47 Abb. 7), welchen 1316 Enrique von Narbonne schuf, später Jacopo de Favariis und Bartholomé Argenta vollendeten. Dieser Chor erweist sich als das rechte, echte Vorbild für Prag, wenngleich das Langhaus, welches abermals die Capellenreihen zeigt, später als einschiffiger Raum, wie S. Maria del Pi in Barcelona, durchgeführt wurde.

Diese aragonischen Bauten bilden eine Gruppe für sich, über deren Herkunft man Aufschlufs fuchen mufs. Der Name Heinrichs von Narbonne und die ganze Sachlage weisen auf Südfrankreich. Leider kenne ich das Bauwesen dieser Landestheile nicht aus eigener Anschauung. Die kunstgeschichtlichen Werke behandeln die dortige Kunst des 14. Jahrh. und der Folgezeit meist nur flüchtig. Es läfst sich aber erkennen, dafs der Dom in Albi (Bl. 47 Abb. 5) das Vorbild der ganzen Bauform ist.[38]) Dieser merkwürdige Bau wurde 1282 nach der Niederwerfung der albigensischen Ketzerei begonnen. Er hat kein Querschiff, rings um den einschiffigen, gegen 100 Meter langen und gegen 20 Meter breiten Hauptraum liegen Capellen, welche die ganze Höhe bis zum Gesims zwischen den Streben ausfüllen.

31) Sacken, Jahrbuch der K. K. Centralcommission, Wien 1856 ff.; Dom. Avanzo: Zwetl in Berichte und Mitth. des Alterthums-Vereins in Wien, Wien 1883.

32) C. Gurlitt, Das Schlofs zu Meifsen, Dresden 1881.

33) Briefliche Mittheilungen von Herrn Decan Klemm in Sulz am Neckar und Herrn Finanzrath E. Paulus in Stuttgart. — Pfitzer: Zum Einsturz der beiden Thürme an der Heiligkreuzkirche zu Schw.-Gmünd in Litt. Beilage des Staatsanzeigers für Württemberg 1890 S. 216 ff. — E. Paulus, Oberamtsbeschreibung von Gmünd, Stuttgart 1870.

34) Grueber a. a. O.

35) Vgl. Lübke, Gesch. der Deutschen Kunst, Stuttgart 1890, S. 334.

36) Neuwirth, Peter Parler, Prag 1891, weist überzeugend nach, dafs die alte Bestimmung, als sei der Bau um 1350 begonnen, unhaltbar ist. Doch kann ich nicht glauben, dafs er ein Werk Meister Peters sei, da dieser Ruhmestitel sonst sicher auf der Prager Inschrift nicht fehlen würde.

37) Street a. a. O.

38) Gonse a. a. O. Die Aufnahmen auch in diesem Prachtwerk sind ungenügend.

Die eigenartige Form des Doms in Albi ist nach vielen Richtungen ein Ergebnifs der geistigen Entwicklung des Languedoc. Dort trafen sich eine Reihe von merkwürdigen Strömungen zusammen. Das fränkische Wesen des Nordens berührte sich, namentlich seit dem Siege der Könige von Frankreich über die Albigenser, hier auf das innigste mit dem romanischen Süden. Dazu kam der Einflufs des hohen Culturlebens der Mauren[39]), die stille Wirkung der skeptischen Gelehrsamkeit, namentlich der von den Juden allein ernstlich betriebenen Naturwissenschaft. Wiederholt suchte man durch Gesetze den Einflufs der Juden zurückzudrängen, doch war im Jahr 1300 ein Jude Rector der Universität Montpellier, erfolgte erst 1306 das schärfste Mittel, die Ausweisung aller Juden. Ihre Anschauungen und Lehren wirkten jedoch noch nach, als ein Menschenalter später Kaiser Karl IV. dort studirte. Die Kirche hatte noch während des 14. Jahrhunderts viel zu schaffen, um den skeptisch-wissenschaftlichen Geist niederzuhalten. Die Litteratur der Provence, namentlich die berühmte Dichtweise der Troubadoure, ist angeregt durch die maurisch-andalusischen Dichter des 9. Jahrhunderts. In den Versen Bertram de Borns, Guillem Figueiras und anderer Meister der bis in die Mitte des 13. Jahrhunderts reichenden Blüthezeit des Provençalischen Gesanges klingt das antikirchliche, freiheitliche Wesen des arabisch beeinflufsten Geistes überall durch: Befreiung vom Druck und der Bevormundung der herrschenden Kirche und seines verderbten Clerus spricht aus ihren Strophen. Sie sind zwar vielfach nicht die absichtlichen, doch überall die unmittelbaren Förderer der albigensischen Ketzerei.

Während die Ritterschaft der Provence die Anregungen des Orients mehr von der künstlerischen Seite nahm, erfafste die Bürgerschaft der grofsen, blühenden Städte die ernste, religiöse Seite. Die Erkenntnifs, dafs es auch bei den muhamedanischen Ketzern, aufserhalb der Kirche, eine Weisheit, eine Sittlichkeit und Gerechtigkeit auf Erden gebe, mufste den Zweifel an dem alleinigen Lehramt Roms wecken. In Toulouse, Bézier, Carcassonne, Comminges, Foix regte sich ein neuer, evangelischer Glaube. Als Rom gegen ihn auftrat, wurden die Cistercienser zu Führern des Kampfes aufgeboten. Es vollzog sich hier eine ähnliche Bewegung wie im 16. Jahrhundert. Die Volksmassen waren evangelisch gesinnt und geneigt für ihre Ueberzeugung zu kämpfen. Sie folgten der Bibel und deren Uebersetzern und Auslegern, sie bildeten eine Gemeindekirche. Gegenüber stand ihnen ein streitbarer geistlicher Orden, der das Wort mit dem Worte bekämpfte, den Streit auf dem Gebiet der Predigt aufnahm, zu dieser aber alle jene Mittel hinzufügte, welche die einheitlich gegliederte Papstkirche mit ihrer Macht und ihrem Reichthum zu verleihen vermag.

Ich mufs hier bemerken, dafs ich unter „evangelisch"[39a]) natürlich nicht die protestantischen Landeskirchen und deren besondere, nach der Reformation geschaffenen Liturgieen meine, sondern vielmehr jene allgemeine kirchliche Richtung, die den katholischen Autoritäts- und Traditionsgrundsätzen, dem Mefs- und Heiligendienste die gläubige Prüfung der Evangelien als religiöse Grundlage entgegensetzt. Ich weifs sehr genau, dafs man aus dem Neuen Testament nicht Anregungen für den Kirchenbau herauslesen kann, und dafs im Mittelalter ästhetisirende Betrachtungen über die künstlerische Darstellung eines kirchlichen Gedankens nicht angestellt wurden. Dagegen betone ich, dafs man im Mittelalter sehr praktisch dachte, und dafs daher überall, wo der Gottesdienst nicht vorzugsweise in Messe und Heiligencult bestand, sondern die Erklärung des Wortes zur Hauptsache wurde, alsbald Kirchen gebaut wurden, die zur Anhörung des Wortes geeignet waren. Die katholische Kirche als solche bevorzugt in Schiffe getheilte Processionskirchen mit stark, und zwar jenseits eines Querschiffes entwickeltem Priesterchor. Die evangelische Richtung beschränkt den Chor oder doch seine Sonderstellung und schafft hallenartige Räume von einfacher, möglichst einheitlicher, ungetheilter Grundform. Die Bekämpfung der Evangelischen durch die katholische Lehre mufste zunächst ebenfalls durch das Wort geschehen. Daher haben die Predigerorden, seien es nun die Dominicaner des 13., oder die Jesuiten des 16. Jahrhunderts, die Hallenformen aufgenommen, um, sobald sie wieder in den ruhigen Besitz der Geister gelangt waren, zur Mefs- und Processionskirche zurückzukehren. Mit einem Bau wie dem Dom in Albi wufste das katholische Capitel nach völliger Unterdrückung der Albigenser wenig anzufangen: Es mufste einen Chor in die Halle hineinbauen nach Art spanischer Kirchen, um jene Sonderung des Clerus von der Laienschaft herbeizuführen, die in den deutschen Domkirchen vorzugsweise seit dem 14. Jahrhundert durch den Einbau der Lettner aufs deutlichste ausgesprochen wurde. Zweck meiner Arbeit ist zunächst wenigstens einen Theil dieser Einwirkung des religiösen Lebens auf den mittelalterlichen Kirchenbau darzustellen und zu beweisen, dafs die Schwankungen in den Grundrissen nicht, wie bisher zumeist angenommen wird, lediglich aus technischen und künstlerischen, sondern auch während des Mittelalters aus wechselnden liturgischen Gründen hervorgingen, dafs der evangelische Geist sich überall dort deutlich auch in der Baukunst zeigt, wo der Autoritätsglaube mit dem Evangelienglauben in Kampf trat, dafs also die mittelalterliche Kunst nicht rein katholisch, sondern durch die Häresie wesentlich mit bedingt ist.

Von 1170 an, wo durch Petrus Waldus die evangelische Bewegung im Languedoc zum Ausdruck gebracht wurde, bis etwa 1220 waren die Albigenser in Besitz der grofsen Städte. Was dort gebaut wurde, ist also als durch ihren Geist beeinflufst zu bezeichnen.[40])

Der Mittelpunkt der Bewegung war Toulouse, die alte aquitanische Hauptstadt, damals eine der ersten Städte Europas. Der Dom (Bl. 47 Abb. 1), welchen Graf Raimund VI. von Toulouse (1195—1222) in Toulouse erbaute[41]), giebt den besten Anhalt für albigensische Bauweise, der berühmte Dom in Perpignan (um 1050) mit seinem einschiffigen, weiten Langhaus, Notre Dame des Domns in Avignon, schon 1038 erbaut[42]), zeigen die Anfänge, die Kirchen in Le Thor und St. Quinin

39) G. Dierks, Die Araber im Mittelalter, Annaberg 1875, s. dort d. Litteratur.

39a) In Beantwortung des Artikels von O. Mothes im Christlichen Kunstblatt, Stuttgart 1892: „Ueber zwei neueste Vorschläge für evangelischen Kirchenbau" und anderer neuerdings erfolgter Angriffe.

40) Ueber die kirchlichen Anschauungen der Waldenser, soweit sie auf das Bauwesen Bezug haben, vgl. Gurlitt, Kunst und Künstler, Halle 1890.

41) Dehio und v. Bezold, Kirchliche Baukunst des Abendlandes, Stuttgart 1888, Buch II, Cap. 6, Tafel 94.

42) Revoil, Architecture romane du midi de France, Paris 1867—74. Vergleiche dort auch die Kirche Saint Sauveur d'Aix. Graus, Kunstbetrachtungen auf einer Reise nach Spanien im Kirchenschmuck, Graz 1887—1888.

in Vaison,[42a]) späterhin jene in Cavaillon (1251 geweiht) (Abb. 1), St. Jacques in Béziers, der Dom in Orange (1085—1126)[43]) veränderte Ausbildungen desselben Systems. Die Eigenart dieser Bauten ist ein auf antiken Ueberlieferungen beruhendes Ausbilden der überwölbten Halle. Die Pfeiler sind meist ins Innere gezogen, ein Chor und ein Querschiff fehlen vielfach, Emporen werden in schüchterner Weise angeordnet.

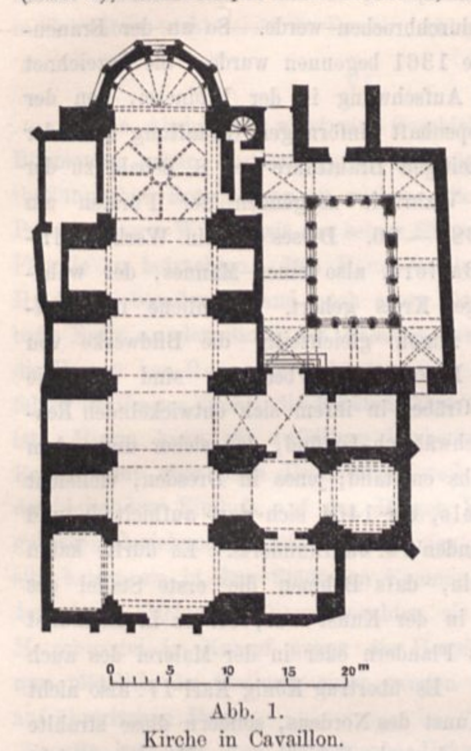


Abb. 1.
Kirche in Cavaillon.

Die nächste Grundrifs-Form des Languedoc, jene des über die Albigenser siegreichen Papstthumes, ist die der Vereinigung der alten Predigtkirche mit dem katholischen Chor und den Altären und Capellen des Heiligendienstes. Albi erweist sich als die Vereinigung der Chor-Anlagen der älteren Cistercienserkirchen mit der albigensischen Halle, ebenso wie sich die erste deutsche Jesuitenkirche, die Michaelskirche in München, als Heiligen- und Altarkirche, doch zugleich als Predigtsaal kennzeichnet. Gleiche kirchliche Verhältnisse schufen in der Provence und dreihundert Jahre später in Bayern gleiche Grundformen!

Unzweifelhaft geht die Chorbildung von Albi zurück auf jene der Cistercienserkirchen Pontigny und Cluny.[44]) Mit dem Sieg der Kirche, mit der Herrschaft der Nordfranzosen in der Provence, mit dem Einzug der Päpste in Avignon beginnt die Gothik in ihrer feineren Form die klassische Schlichtheit der älteren Bauweise zu verdrängen. Anlagen wie der 1315 begonnene Chor von St. Nazaire in Carcassonne, wie der Chor am Dom in Toulouse können in ihrer hochentwickelten, prunkreichen Gothik wie Siegeszeichen des römischen Geistes über den evangelischen betrachtet werden, d. h. jenes Geistes, der aus der Mischung germanischen Wesens mit dem Gedanken der Weltkirche hervorging. Wie im Barockstil die Süddeutschen, haben in der Gothik die romanisirten Franken die Prunkformen am weitesten entwickelt. Wenn wir erst im Besitz besserer Nachrichten über die mittelalterliche Baukunst in Südfrankreich sein werden, dann wird sich vielleicht auch der geistige Zusammenhang der Bauten aus dem Lande der Albigenser mit jenem der Hussiten deutlicher erklären lassen. Ich beschränke mich hier auf den Hinweis des Zusammentreffens kunstgeschichtlicher und kirchlicher Berührungspunkte. Es wird sich als nothwendig erweisen, dafs das Studium sich noch der Einzelfragen bemächtige, dafs der Stoff erst allseitig gesichtet werde.

Aragonien nahm die Formen des Languedoc auf, weil dort noch der freiere Geist mächtig war. In Barcelona namentlich, der grofsen Handelstadt, suchten päpstliche Verbote vergeblich den Verkehr mit ketzerischen Fremden zu hindern. Immer noch bildeten die Juden, die halb oder garnicht bekehrten Muhamedaner, die Reste alten westgothischen Kirchenthums wichtige Glieder des Staatswesens. Die Kirche, der das Amt des Bekehrers zufiel, baute daher in den Formen der *ecclesia militans*, zu einer Zeit, in der in Südfrankreich schon der Stil der *ecclesia triumphator*, jener der Hochgothik, zum Sieg gelangt war. Daher finden sich in Barcelona jene Formen, welche 1282 in Albi herrschten, noch zu Beginn des 14. Jahrhunderts. Sie kehren im 15. und 16. in Deutschland wieder.

Es ist gewifs kein Zufall, dafs mit der Uebertragung der Wissenschaft selbst, wie mit ihrer Lehrweise durch die Universität, häretische Anschauungen und zugleich die Grundrifsgestaltung der Kirchen von Südfrankreich nach Böhmen überführt wurden, und zwar so, dafs die Hochkirche, der Sitz des Clerus, also der Prager und Freiburger Dom, mehr die nordfranzösisch-katholische Form, die Stadtgemeinden Kolin, Kuttenberg, Gmünd jene von Albi und Barcelona aufnahmen, wobei freilich der Ernst und die Wucht antiker Ueberlieferung verloren ging, der dem Languedoc eigen war. Es bestätigen sich also in den künstlerischen Eigenschaften des ersten Meisters des Prager Domes die Angaben über seine Herkunft. Der Meister Matthias, der im Arterich geboren, im Mutterland der Gothik gebildet ist, lernt im Süden, in Avignon, Toulouse oder Barcelona, die dort hervortretenden Grundrifsgedanken kennen. Neben ihm, vielleicht schon gleichzeitig mit ihm erscheint Meister Heinrich in Deutschland, der in seinen Bauten, namentlich in dem Hauptwerk zu Gmünd stärker den südfranzösischen Grundrifsgedanken folgt, in den Formen aber seiner nordfranzösischen Herkunft treu bleibt. Wenn er nun in der Inschrift Arler aus *polonia* genannt wird, so meine ich, man thut mit allen weit hergeholten Erklärungsvorschlägen Unrecht und nimmt, mit der gröfsten Wahrscheinlichkeit, das Richtige zu treffen, die Inschrift so wie sie lautet, dafs nämlich Meister Heinrich aus Nordfrankreich stamme und von Arles, der Nachbarstadt von Avignon, nach Deutschland gekommen sei.

V.

Auch nach anderer Hinsicht weisen die Detailformen der böhmischen Meister über Avignon nach Nordfrankreich. Stets werden gerade diese am längsten die Schule des Künstlers verrathen. Man lernt leichter ein grofses Motiv aufzunehmen als seine künstlerische Handschrift zu ändern. Die Eigenart der Prager Schule ist die hohe Vollendung des gothischen Systems zu freieren Formen. Dieselbe Richtung findet sich, wie mir scheint, früher in Barcelona. Doch genügen die mir zugänglichen Aufnahmen nicht zur Feststellung der Uebereinstimmung im einzelnen. Das Eigenartige der nordfranzösisch-flämischen Schule ist ferner die enge Verbindung der Baukunst mit der Plastik. Während die deutschen Meister des 12. Jahrhunderts Werke geschaffen hatten, die an Tiefe der Auffassung und formaler Vollendung zu den glänzendsten Schöpfungen des Mittelalters gehörten, war die Bildnerei im Dienste der deutschen Gothik Schritt für Schritt zurückgegangen, die Steinmetzenarbeit handwerklicher geworden. Die Figuren hatten sich der Gestaltung ihres Aufstellungsortes, den schlanken Blendarcaden, den aufstrebenden Pfeilern einfügen müssen, hatten jene gesunde Naturwahrheit verloren, jene gedrungene Kraft, die ihnen in der romanischen Periode eigen gewesen waren. Das Bestreben, die menschliche Gestalt zu durchgeistigen, die

42a) Robert de Lasteyrie, S. Quinin et la Chathédrale de Vaison, im Bulletin de la société nationale des antiquaires, Paris 1888.
43) Dehio und v. Bezold a. a. O.
44) Ebendas.

religiös-schwärmerische Richtung hatten dahin geführt, dafs man die Leiber als nebensächlich, den Ausdruck der Gedanken als das Wesentliche der Kunst betrachtet hatte. Wie die Dichtung sich in übersinnlichen Verfeinerungen, in der spielenden Uebertreibung zugespitzter Gefühle bewegte, so hatte auch die Plastik den Boden der Wirklichkeit verloren, die Formen gestreckt, gebogen und gewunden, ihnen jenes himmelnde Lächeln, jene Gliederverrenkungen, jene Körperlosigkeit gegeben, welche eine höhere Art von Frömmigkeit darstellen sollten, aber nichts besseres waren, als die verwandte Kunst des 17. und 18. Jahrhunderts, eine Manier, eine lahme Stilisirung, der der eigentliche Ernst der Künstlerschaft, die gewissenhafte Wahrheitsliebe, die Ursprünglichkeit der Anschauung fehlte.

Die Gegenströmung gegen diese Kunstrichtung kam nach Deutschland und besonders nach den Landen Kaiser Karls IV. aus dem Geburtslande der Gothik, aus dem nördlichen Frankreich, zugleich mit der Architektenschule, welche er von dort einführte und zugleich mit der freieren, wissenschaftlichen religiösen Richtung, welche die Universität Paris ausstrahlte. Im 13. Jahrhundert schon hatte sich an den Domen von Rheims und Amiens eine Plastik herausgebildet, die mit frischem Sinn der Natur nachging und eine freie, grofse Auffassung dieser mit tiefer Innerlichkeit zu verbinden wufste. Auch dort waren die Kräfte nicht gleichwerthig. Aber man sieht an zahlreichen eigenwilligen Zügen, dafs die Künstler nach Wahrheit strebten, die einzelnen Gestalten nicht nur durch äufsere, sondern durch ihnen eigenartige Merkmale zu unterscheiden suchten; namentlich sieht man das Streben zwar die Durchgeistigung der Gestalten der älteren Schule beizubehalten, doch ohne das Ebenmafs der Glieder zu zerstören, ihnen einen festen Körper als Schale einer tief gesinnten Seele zu geben. Ebenso wie in der Malerei durch die Brüder Eyck, die Plastik durch Sluyter in der Folgezeit von der Küste der Nordsee die entscheidende Anregung erhielt, erwies sich während des ganzen 14. Jahrhunderts der Landstrich zwischen Paris und Antwerpen als der Mittelpunkt aller durch gesunden Realismus sich verjüngenden Kunst.

Hier sei zunächst einmal auf einen wichtigen Zweig der Bildnerei, auf die Gestaltung der Gräber hingewiesen. Im Gegensatz zu den in Deutschland vorzugsweise üblichen Wand- oder Plattengräbern liebte man im Nordwesten die Tumben, die nun auch in Deutschland angewendet wurden. Bei den Papstgräbern in Avignon[45]) baut sich aber um den Sarkophag noch eine Architektur, ein zierliches, auf Pfeilern oder Säulen ruhendes Dach, zeigt sich jene Form, welche später im Sebaldusgrab in Nürnberg seine höchste Vollendung fand. Tumben fertigte auch Meister Peter für das Grab Přemysl Ottokars I. (1377) und Ottokars II., welche beide Neuwirth als sein Werk nachwies. Neben ihm bearbeitet Meister Tilmannus die Grabplatte der Königin Gutta (1377). Bemerkenswerth an ihnen ist die bisher selten auftretende Absicht auf Portraitähnlichkeit, die sich im Dom in der Reihe von Büsten von Wohlthätern des Gotteshauses finden. Es ist die Aufstellung solcher Bildwerke in Deutschland vorher ohne Beispiel. An vielen Orten, wohin Karls IV. Einflufs reichte, tritt ein Umschwung nach der Richtung ein, dafs nunmehr freiere, selbständigere Formen in Verwendung kommen, der Schulgeist der deutschen Gothik, wie er am Kölner Dom in voller Systematik sich zeigt, durchbrochen werde. So an der Frauenkirche in Nürnberg, die 1361 begonnen wurde. Sie bezeichnet auch einen plötzlichen Aufschwung in der Bildnerei, von der schwächlichen, fast puppenhaft einförmigen Gestaltung etwa der Figuren an der gleichzeitigen Brautthüre von S. Sebald zu der von hoher Kraft und Wahrheit zeugenden der Fürsten am „Schönen Brunnen" 1385—96. Dieses ist ein Werk Heinrich Böheims des Baliers, also eines Mannes, der wahrscheinlich in den Prager Kreis gehört. Aehnliche individualisirende Bestrebungen zeigen gleichzeitig die Bildwerke von Regensburg u. a. O. Besonders zu beachten sind aber die merkwürdigen heiligen Gräber in ihrem sich entwickelnden Realismus. So jenes in Schwäbisch-Gmünd, das sicher unter dem Einflufs Meister Heinrichs entstand; jenes in Dresden, vielleicht ein Werk Meister Wenzels, der 1401 sich dort aufhielt[46]), und andere Werke des endenden 14. Jahrhunderts. Es dürfte kaum die Annahme irrig sein, dafs Böhmen die erste Staffel des beginnenden Realismus in der Kunst war, sei es in Baukunst und Bildnerei jenes aus Flandern oder in der Malerei des auch aus Italien kommenden. Es übertrug König Karl IV. also nicht nur nach Böhmen die Kunst des Nordens, sondern diese strahlte von hier aus über weite deutsche Gebiete aus. Es waren nicht nur bestimmte Formen, sondern der ganze Grundzug der Kunstauffassung, die sein Vorgehen umbildete.

Eine wichtige Thatsache ist ferner, dafs gleichzeitig mit der Gründung der Akademie und dem Beginn des Dombaues 1348 in Prag eine Künstlergenossenschaft zusammentrat, die Lucasbrüderschaft[47]), welche Maler, Bildhauer, Glasmaler, Schilderer, Goldschläger und andere in sich vereinigte. Sie hatte stets einen Maler zum Vorstand, schlofs aber allem Anschein nach keinen Künstler aus. Aehnlich war es in den Niederlanden gewesen. Die Register der Genter Lukasgilde gehen bis 1338 zurück, jene von Brüssel auf 1357, jene von Brügge auf 1358. In ihnen sind die Bildhauer die eigentlichen Führenden. Ihre Organisation war eine der böhmischen so ähnliche, dafs man einen ursächlichen Zusammenhang hierfür annehmen mufs. Jedenfalls ist im übrigen Deutschland ähnliches erst viel später nachweisbar. Dagegen erfahren wir nicht das Geringste von einer Organisation der Steinmetzen in Böhmen über die durch den Bau am Dom bedingte Form hinaus. Sichtlich bestand ein über die localen Grenzen hinaus gegliedertes Hüttenwesen im 14. Jahrhundert in Böhmen so wenig wie irgend anderswo in Europa. Namentlich sprechen, wie bereits nachgewiesen, eine Reihe Vorkommnisse gegen die Annahme, dafs die Steinmetzen in Prag sich von den Bildhauern und Bildschnitzern getrennt hätten: Meister Peter übt alle drei Künste, wie die Inschrift am Dom deutlich ausspricht. Er war Künstler kurzweg, nicht Steinmetz im Sinn der späteren Hüttenordnungen. Dieses Künstlerthum offenbart sich auch in der Auffassung des Zunftwesens, welche Prag auszeichnet. Wo die böhmischen Einflüsse sich in Zukunft geltend machen, das soll hier bewiesen werden, treten sie in Gegensatz zu der Unsitte der deutschen Steinmetzhandwerker, die Kunst in Zünfte pressen zu wollen.

45) Ueber die Pabstgräber siehe J. de Laurière und E. Müntz, Le tombeau du Pape Clemens V à Uzeise in Bulletin de la société nationale des antiquaires, Paris 1887; Ebendas. 1888 S. 195; E. Müntz, Gazette des beaux arts, Paris 1881. Das Grab Innocenz VI. Villeneuve bei Avignon siehe bei Chapuy, Moyen-âge monumental et archéologique, Paris 1840—47, Bd. 3, Bl. 328.

46) O. Richter, Verfassungs- und Verwaltungsgeschichte Dresdens, Dresden 1891, Band II. — A. von Eye, Das Museum des kgl. sächs. Alterthumsvereins, Dresden 1879.

47) Pangerl und Woltmann a. a. O.; E. Maréchal, Memoire sur la sculpture aux Pais-bas, Brüssel 1875.

Ihre Schüler haben einen Begriff vom Wesen des Schaffens und liefsen sich durch den Hüttenzopf der Zünftigen am Rhein und in Schwaben nicht leicht in Fesseln schlagen.

VI.

Meine Absicht ist nicht eine Geschichte der Architektur in Böhmen zu geben, sondern nur die Anknüpfungspunkte zur Beurtheilung ihrer Entwicklung zu suchen. So übergehe ich Meister Peters weiteres Wirken wie das seiner Söhne, um den Ausgang der Familie zu betrachten. Das Haus, welches die Parler auf dem Hradschin besafsen, stand nach einer für mich nicht controlirbare Notiz an der Stelle des Palastes, welchen sich dort 1545 die Herren von Rosenberg bauten, und der jetzt an die Nachfolger im Besitze dieser, die Fürsten Schwarzenberg, übergegangen ist. Hierin kann ein zufälliges Vorkommnifs erblickt werden. Es verdient aber doch Beachtung, weil bald die Rosenberger den leitenden Einflufs auf der Prager Burg erhielten und in gewisser Beziehung an Stelle des Königs traten. Ihren Stammsitz hatten sie in dem Städtchen Krumau im Böhmerwalde, an der oberen Moldau. Dieses machten sie zum Mittelpunkt der Herrenpartei im Kampf gegen die Hussiten. Krumau gewinnt nun plötzlich die Stellung einer zweiten Hauptstadt neben dem aufrührerischen Prag.

Es hat sich eine tschechische Urkunde vom Jahre 1407 im Archiv Krumaus erhalten, auf welche schon Grueber aufmerksam machte. Nach der gütigst von Herrn Dr. Mikuskovisz in Krumau für mich gefertigten Uebersetzung hat Johann, der Brudersohn von Meister Staniek (Stephan) in Krumau sich verpflichtet bis zum Jahr 1410 die Veits-Kirche in Krumau umzubauen, und zwar nach dem Muster der Aegidienkirche des benachbarten Städtchens Mühlhausen. Stürbe er während des Baues, so solle sein Bruder Christian (Kržyž) statt seiner die Arbeit vollenden.

Die Mühlhausener Kirche, die den Krumauern als Vorbild diente, ist kein Prachtbau. Einschiffig, mit schmälerem Chor, hat sie nichts bemerkenswerthes als ihr Netzgewölbe. Auf dieses kam es beim Krumauer Neubau, bei welchem eine Kirche mit niederen Seitenschiffen zur Halle umgemodelt wurde, sichtlich an. Die genauen Angaben der Zahl der Schlufssteine in der Urkunde bestätigen, dafs in der Anwendung dieses das Neue liege. An Stelle eines Kreuzgewölbes wurde eine Form angewendet, in der zwei solche sich durchschneiden und deren Stützpunkte je untereinander mittels einer im rechten Winkel zur Schiffachse stehenden Linie verbunden sind. Somit konnte man die Diagonalen im Winkel von 45° gegen diese Linien anschneiden lassen.

Es wäre bei dem Stand unserer Kenntnifs des Bauwesens jener Zeit vermessen, sagen zu wollen, wo diese Form zuerst erscheint. Nachdem aber Neuwirth aus den Baurechnungen von Prag bewies, dafs 1372 diese Gewölbeform dort angewendet wurde (Bl. 47 Abb. 8), scheint es, als ob sie hier erfunden worden sei. Ich kenne wenigstens kein älteres Netzgewölbe als dieses. Am Rhein tritt es im Chor des Domes in Constanz wohl erst im 15. Jahrhundert auf, am Ulmer Münster wurden 1383 noch die untern Theile des Chores gebaut, der dieselbe Gewölbeform zeigt, das reichere Netzgewölbe der Schlofscapelle in Straubing, welches Redtenbacher[48]) dem Jahre 1373 zuschreibt, mag wohl ein ganzes Jahrhundert jünger sein. In Schlesien, wo nach brieflichen Mittheilungen von Hans Lutsch die Gewölbeform häufig ist, tritt sie erst im 15. Jahrhundert auf. Das einzige mir bekannte ältere Beispiel eines netzförmigen oder hier richtiger sternförmigen Gewölbes, jenes der Sandkirche in Breslau, stammt eben von dem Prager Meister Johann[49]), den ich für Peters Bruder halte. In Sachsen fand sich die Prager Gewölbeform wohl am frühesten am Chor des Domes in Freiberg, erbaut nach dem Brande von 1386, an der Stadtkirche in Chemnitz, der Katharinenkirche in Zwickau u. a.;[50]) in Brandenburg erscheint sie um 1400 an der Katharinenkirche in Brandenburg[51]) (Bl. 48 Abb. 15), von der noch zu sprechen sein wird; in der Lausitz am Dom in Bautzen; später verschwindet sie wieder.

Einer weiteren Eigenart der Prager Schule, der Achsenstellung der Pfeiler, begegnet man vielfach dort, wo auch diese Netzform heimisch ist. So im Rosenberger Lande. Wie sie am Chor der Karlshofer Kirche in Prag, in Kolin und Kuttenberg ohne dringenden Grund auftritt, scheinbar aus reiner Vorliebe für die Sonderbarkeit, ebenso erscheint sie an dem Chore der Kirche von Sobieslau, Seltschan, an den Nebenchören der Rosenbergischen Klosterstiftung Hohenfurt, des benachbarten, bereits oberösterreichischen Städtchens Litschan[52]) und wohl auch sonst noch. Es ist diese Form zwar nicht die Regel, doch eigenartig für diesen Landstrich. Sie wiederholt sich nach Lutschs Angaben in Schlesien an den Pfarrkirchen in Neisse, Eisersdorf, Habelschwerdt, Guhrau, Rangersdorf in Pommern in der Johanniskirche zu Stargard[53]); in Brandenburg in besonders scharf ausgesprochener Form an der Hauptkirche in Guben (Abb. 2), minder deutlich ausgeprägt

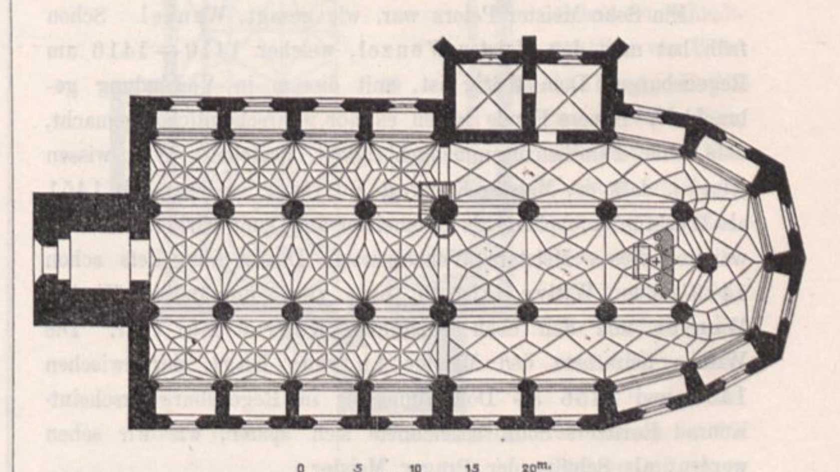


Abb. 2.
Hauptkirche in Guben.

an der Choranlage der Marienkirche in Prenzlau.[53a]) Sie bleibt eine Eigenthümlichkeit der östlichen Landestheile, die von Böhmen ausging.

48) Redtenbacher, Beiträge zur Kenntnifs der Arch. des Mittelalters, Frankfurt a/M. 1875.

49) Hans Lutsch, Verzeichnifs der Kunstdenkmäler der Provinz Schlesien, Breslau 1886. I. Band: Breslau.

50) R. Steche, Beschreibende Darstellung der Bau- und Kunstdenkmäler des Kgr. Sachsen, Dresden 1884. III. Heft: Freiberg. VII. Heft: Chemnitz.

51) F. Adler, Mittelalterliche Bauwerke des Preufs. Staates, Berlin 1862—69; R. Bergau, Inventar der Bau- und Kunstdenkmäler in der Provinz Brandenburg, Berlin 1885.

52) Grueber a. a. O.

53) Hans Lutsch, Mittelalterliche Backsteinbauten Mittelpommerns, Berlin 1890.

53a) Bergau a. a. O.

Es treten damit immer schärfer die Prager Baumeister als schulbildend hervor. Freilich duldete sie tschechischer Zerstörungseifer nicht lange unter sich.

Mit Beginn der Hussiten-Kriege und der aus ihnen erwachsenden Störung des künstlerischen Lebens verschwanden auch die Parler aus Prag. Im Jahre 1392 wird von den Söhnen Meister Peters noch Wenzel als Steinmetz in Prag erwähnt, 1406 stirbt Johann, der seit 1398 Dombaumeister in Prag war, nachdem er sich vor 1383 in Kuttenberg verheirathet hatte. Dieser hinterliefs wieder drei Söhne: Johann (zuletzt genannt 1407), Wenzel und Benedict (1398). Die Söhne der zweiten Ehe Peters waren Paul (1383 erwähnt) und Janko (1417 zuletzt erwähnt). Dagegen gewinnt nun der Steinmetzkreis aus dem Städtchen Krumau und seiner Umgebung eine ganz ungewöhnliche Bedeutung. Früh findet sich ein dorther Stammender in Bayern thätig. Im Jahre 1405 belehnte Herzog Johann von Straubing Hans Krumenauer, Dommeister in Passau, mit einem Steinbruch oberhalb Abbach an der Leiter[54]); dorther holte man sich auch für den Regensburger Dom die Bausteine. Leider ist die Baugeschichte des Passauer Domes wenig bekannt. In der Regensburger Liste der die Hüttenordnung unterschreibenden Meister erscheint 1459 Meister Hans Hefs von Passau und — jedoch nur nach einer der erhaltenen Abschriften — Meister Konrad von Passau[55]). Dagegen ist nach einer Abschrift Hans von Krumau, nach der anderen Stephan von Krumau Meister in Salzburg. Wenn es auch kühn wäre, den Schlufs zu ziehen, dafs diese Meister Hans überall: 1405 in Passau, 1407 in Krumau und 1459 in Salzburg derselbe Mann sein müssen, so gehörten die Namensträger doch sicher einer Schule an.

Ein Sohn Meister Peters war, wie gesagt, Wenzel. Schon früh hat man den Meister Wenzel, welcher 1410—1416 am Regensburger Dom thätig ist, mit diesem in Verbindung gebracht.[56]) Neuere Funde haben es nur wahrscheinlicher gemacht, dafs eine Familienzusammengehörigkeit bestehe. Wir wissen jetzt[57]), dafs der Meister Konrad Roritzer, welcher seit 1451 als Werkführer, später als Baumeister am Dome wirkte, ein Verwandter dieses Meisters Wenzel war. Dieser hinterliefs schon 1419 eine Wittwe Elsbeth und zwei unmündige Kinder, Wenzel und den oben genannten Konrad Roritzer. Die Wittwe heirathete den Meister Andreas Engl, der zwischen 1436 und 1456 als Dombaumeister in Regensburg erscheint. Konrad Roritzers Sohn bezeichnete sich später, wie wir sehen werden, als Schüler der Prager Meister.

Weiterhin weist die Krumauer Schule auf Wien hin. In der Zeit von 1404—1429 erscheint Peter von Prachatitz als Leiter des Stefansdomes. Prachatitz liegt im Rosenberger Lande, 30 km nordwestlich von Krumau. Stephan von Krumau, 1427—1430, war Steinmetz am Wiener Dome, wohl derselbe, der 1407 in Krumau baute, und vielleicht auch jener, der die 1441 gegründete und 1461 geweihte schöne Stefanskirche in Braunau schuf. Dort liegt er begraben. Braunau liegt 50 km südlich von Passau. Aufserdem war ein Meister Wenzel von Klosterneuburg zu Anfang des 15. Jahrhunderts am Wiener Bau thätig bis zu seinem 1404 erfolgten Tode. Hans von Prachatitz baute unter ihm und wieder bis zu seinem Tode (1439) den Thurm des Domes. Doch sind die Wiener Quellen zu wenig gesichtet, um ein klares Bild zu gewinnen.[58])

Alles dies weifst darauf hin, dafs mit dem Verdrängen der Kunst aus Prag das Rosenberger Land der Sitz einer hochentwickelten Bauschule wurde, sodafs es zur Pflicht wird, die Stellung der Herren von Rosenberg zu Böhmen näher zu betrachten. Noch steht in Krumau der gothische Theil ihres Schlosses mit einem reizvoll durchgebildeten Erker. Seine Erbauer bildeten nach den Königen unbedingt das erste Haus in Böhmen, waren von ältestem Adel, unermefslich reich, eng verbunden mit den deutschen Herrengeschlechtern des Landes, als deren geborene Führer sie erschienen. Bis ins 16. Jahrhundert hinein behaupteten sie ihre mächtige Stellung, ja dem vorletzten ihres Geschlechtes, Wilhelm, gelang es, die Tochter des Kurfürsten Joachim II. von Brandenburg als Gattin heimzuführen. Während der hussitischen Wirren waren die Rosenberger die starke Stütze der deutschen und katholischen Partei, der Mittelpunkt aller Bestrebungen gegen die taboritischen und utraquistischen Ketzer. Aber nicht allein nach dem Böhmerwald flüchteten die Deutschen Prags. Die wegen ihrer in jener Zeit streng katholischen Gesinnung ausgezeichnete Stadt Breslau bot ihnen einen weiteren Stützpunkt. Breslau hatte aber mit Krumau noch mehr Verwandtes. Auch dort war der leitende Einflufs in der Hand desselben Geschlechtes. Denn von 1456—1467 war der 1430 geborene Jodocus von Rosenberg, der Bruder des regierenden Herrn, Bischof in der schlesischen Hauptstadt, welche damals bekanntlich auf das engste staatlich mit Böhmen verbunden war. Unter ihm entstand die von Maurer Berthold Hannos und Meister Franzke erbaute Westvorhalle des Domes in reichster Gothik, arbeiten Jodocus Taucher an der Sandkirche, Meister Hannos (also der tschechische Hans) an der Bernhardikirche u. a. mehr.[59]) Sobald Jodocus von Rosenberg dann wieder siegreich in Prag erschien, wo er als Führer der katholischen Partei den gröfsten Einflufs gewann, nahm auch der Bau am dortigen Dom seinen Fortgang. Martin von Lomnitz wird 1454 als Baudirector, d. h. als Vertreter des Capitels in Bauangelegenheiten, und 1455 Petrlik als Dombaumeister genannt. Der tschechische Klang seines Namens spricht auch hier keineswegs dagegen, dafs er ein Deutscher war. Denn die Nationalitäten mischten sich in schwer zu unterscheidender Weise. Wilhelm von Rosenberg sprach fast nur tschechisch und verbrachte sein Leben meist in Krumau, Prachatitz oder Strakonitz. Es war also nicht nationale Abneigung, welche die Rosenberger von den Hussiten fern hielt, sondern die conservativ-katholische Politik des Grofsgrundbesitzers gegen das hussitisch-zünftlerische Wesen der Stadt Prag. Die Künstler aber, namentlich die aufser den Zünften stehenden, welche in Böhmen doch zunächst als Fremde sich fühlten, sahen in ihnen naturgemäfser Weise ihre Stütze.

Es fragt sich nun, ob sich eine künstlerische Gemeinschaft zwischen der Schule von Prag und der plötzlich so kräftig her-

54) Otte, Handbuch der Kirchl. Kunstarchäologie, 5. Auflage, Leipzig 1885.

55) Neuwirth, Die Satzungen des Regensburger Steinmetztages im Jahr 1459, Wien 1888.

56) Hugo Graf von Walderdorff, Regensburg in seiner Vergangenheit und Gegenwart, Regensburg, o. D., 3. Aufl.; F. Adler, Der Dom zu Regensburg, Deutsche Bauzeitung 1875; C. W. Neumann, Die drei Dombaumeister Roritzer und ihr Wohnhaus in Verhandlungen des hist. Vereins von Oberpfalz und Regensburg, Bd. 28.

57) C. W. Neumann, Ebendas. Band 29.

58) Alle diese Angaben gehen noch immer zurück auf Tschischka, Der St. Stephansdom in Wien, Wien 1832.

59) Die Litteratur über Breslau s. Lutsch, Verzeichnifs der Kunstdenkmäler der Prov. Schlesien, Band I. S. 6.

vortretenden von Krumau nachweisen lasse. Völlig klar ergiebt sich diese bei dem Entwurfe Roritzers (1439) für den Chor der Lorenzkirche in Nürnberg (Bl. 48 Abb. 18). Es ist die Wiederaufnahme der Heiliggeistkirche in Gmünd. Unmittelbar an diesen Chorbau schließen sich jene im weiteren Umkreis von Krumau nicht seltenen Werke mit ringsumlaufendem Capellenkranz. Es sei zunächst auf den großartigen Bau der Frauenkirche von Ingolstadt (Bl. 48 Abb. 23) hingewiesen, die 1425 gegründet, und deren Chor 1439 geweiht wurde. Wenn der Bau auch erst 1525 vollendet dastand, so ist doch sicher die Umfassungsmauer mit ihrer Capellenreihe ringsum alt. Zu derselben Bauklasse gehört die Martinskirche in Landshut (Bl. 48 Abb. 17), 1392 begonnen und etwa 1478 vollendet von Hans Stettheimer von Burkhausen, der 1410 den Chor von Neuötting mit Thurm an der Nordseite und die Pfarrkirche in Wasserburg in verwandten Formen anlegte. Der ihm zugeschriebene Chor der Franziscanerkirche in Salzburg 1470 erweist sich als eine Fortbildung des Chores von Kolin: Auch hier ein Hallenumgang, ein Pfeiler in der Achse wie seitliche Capellen zwischen den Strebepfeilern. Doch wurde das Aeußere hier nicht mit jener Sorgfalt durchgebildet, wie an den älteren Bauten. Die Jakobskirche in Straubing, 1483 begonnen, und die großartige Frauenkirche in München (Bl. 48 Abb. 21), 1468—1488, zeigen Fortführungen dieses Systems, ebenso die Stadtkirchen in Dinkelbühl, Amberg u. a.[60])

Eine weitere Gruppe dieser Anlagen ist die norddeutsche. Dort tritt die Planbildung von Kolin an der Marienkirche in Stargardt (Bl. 48 Abb. 14) zu Anfang des 15. Jahrhunderts in der Form von Albi auf, indem über den Capellen an Chor und Schiff Emporen gebildet werden. Das Querschiff verschwindet auch hier vollständig. Den Anfang in der ganzen Gruppe scheint die St. Katharinenkirche in Brandenburg (Bl. 48 Abb. 15) zu bilden, deren Chor 1395 abgebrochen und 1401 neu aufgebaut wurde. Dort erscheinen auch im Hauptschiff die sonst in Norddeutschland seltenen Netzgewölbe Prager Zeichnung. Der Architekt der Kirche ist Meister Heinrich Brunsberg aus Stettin. Stettin wird dann auch gleichzeitig die Heimstätte ähnlicher Anlagen. Die Johanneskirche daselbst erhält 1401 einen Chor in geschlossener Form, schon die wahrscheinlich etwas jüngere Peterskirche folgt diesem Beispiele, ebenso die Jacobikirche (1403), die Johanneskirche in Stargardt (1408) und die Nicolaikirche in Greifswald (1411)[61]) (Bl. 48 Abb. 16). Alle diese Bauten dürften dem Einfluß eines Schülers der böhmischen Meister zuzuschreiben sein, wohl jenes Meisters Heinrich, dessen Zuname auf Brunsberg in der nordöstlichsten Ecke von Mähren, viel wahrscheinlicher aber auf jenes bei Neuruppin in Brandenburg hinweist. In der Stettiner Peter- und Paulskirche (Bl. 48 Bl. 20) aus dem Anfang des 16. Jahrhunderts kam dann, nachdem in den nordischen Landen das Einziehen der Strebepfeiler vielfach in Anwendung gebracht war, der Grundriß von S. Maria del Pi in Barcelona (Bl. 47 Abb. 11) aufs neue zum Durchbruch. Es entstand die einschiffige Halle mit eingezogenen Pfeilern und Emporen. In der Bartholomäikirche in Danzig[62]) erscheint 1500 derselbe Gedanke bei rechtwinkligem Ostabschluß durchgeführt. In Brandenburg zeigt sich seit dem Ende des 14. Jahrhunderts ein völliger Umschwung im Kirchengrundriß zu Gunsten der neuen Form. Das Beispiel der Katharinenkirche in Brandenburg findet Nachahmung an den Pfarrkirchen in Königsberg (1407), Guben (Abb. 2), Beeskow, Pritzwalk (vor 1441), der Marienkirche in Bernau (1484), den Nicolaikirchen in Spandau und Berlin.[62a])

Die Gruppe der erzgebirgischen Kirchen in Sachsen und Böhmen gehört unmittelbar an diese Reihe: der Stadtkirche in Chemnitz, Zwickau mit seinem unverkennbar durch das Vorbild der Lorenzkirche in Nürnberg beeinflußten Chor, Plauen i/V. (Bl. 48 Abb. 22) mit seinen in eine alte romanische Kirche eingebauten, kräftig ausgebildeten Emporen, Schneeberg[63]) (Abb. 3), wo die Grundrißform des Languedoc mit der Emporenanlage sich bereits zu einheitlichem Ganzen verbindet, Marienberg und Brüx[64]) (Bl. 48 Abb. 19), wo das System sich weiter ausgebildet zeigt. Der wesentliche Fortschritt in diesen unmittelbar vor Ausbruch der Reformation entstandenen Bauten, der sich in den Schloßcapellen von Wittenberg, Halle u. a. vorbereitete, ist die schärfer hervortretende Ausnutzung des Raumes über den Capellenreihen für die der Predigt zuhörenden Gemeinde. Es handelt sich bei diesen in der Anlage mit jenen des Languedoc verwandten Bauten also um eine feste Absicht, um eine in den ehemalig lützelbürgischen, dem Erzbisthum Prag unterstehenden Landen herrschenden Schulanschauung, nicht um zufällige Gemeinschaften.

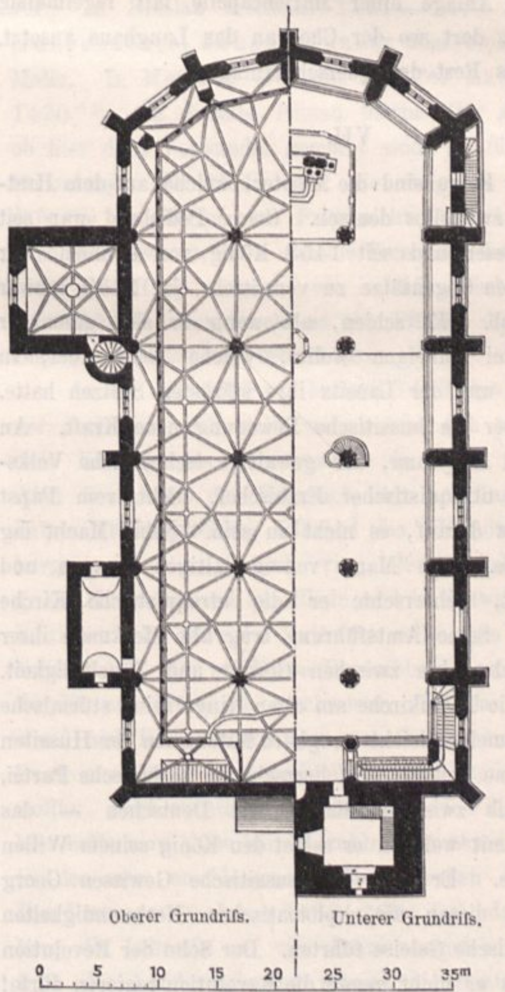


Abb. 3.
Kirche in Schneeberg.

Ich muß mir versagen, das System im Norden weiter zu verfolgen. Dort löst die südfranzösische Form der Capellenreihen die vorher allgemein herrschende nordfranzösische während des

60) Für die Erforschung der Bayrischen Baudenkmale sind z. Z. die veralteten Werke von Wibeking, Sighart u. a. noch maßgebend. Neue Aufschlüsse, wie sie das Inventarisirungswerk verspricht, sind ein dringendes Bedürfniß geworden.

61) Baudenkmäler der Provinz Pommern, Stettin 1885. I. Theil II. Heft: Greifswald.

62) Ranisch, Beschreibung aller Kirchengebäude der Stadt Danzig, Danzig 1695.

62a) Bergau a. a. O.; Berlin u. s. Bauten, Berlin 1877.

63) R. Steche a. a. O.; C. Gurlitt, Kunst und Künstler am Vorabend der Renaissance, Halle 1891.

64) Das neuste Werk Joseph Neuwirths: Der Bau der Stadtkirche zu Brüx, Prag 1892, konnte ich leider nicht mehr benutzen.

15. Jahrhunderts vollständig ab, sodafs Pommern, Preufsen, die Mark ein zweites Hauptgebiet dieser Form des Baues werden. Typisch sind für die hier dargestellten Bauten folgende Eigenthümlichkeiten: Der Ostabschlufs des Baues mit einem Polygon, der die Kirche als Ganzes nach aufsen erscheinen läfst; der Mangel oder doch die äufserste Beschränkung des Querschiffes als des Baugliedes, durch welches die Priesterschaft und Laienwelt getrennt werden; das Streben nach einheitlich grofser, wenig gegliederter innerer Raumwirkung, die zur Schwächung der Pfeiler, zu grofser Spannweite der Gewölbe, mithin zur Durchbildung der Netzwerke und immer mehr zur saalartigen Ausgestaltung des Raumes als Predigtkirche führt; das Hinausrücken der Capellen an die Umfassungswände, um für viele Heilige Altäre beschaffen zu können, ohne dafs die Gemeinde im Mittelraume behindert werde; die willkürliche Anordnung der Thürme, die nun nicht mehr regelmäfsig an der Westfront, sondern gern an einer Langseite stehen; die Anlage einer Mariencapelle faft regelmäfsig an der Nordseite, dort wo der Chor an das Langhaus ansetzt, gewissermafsen als Rest der Querschiffanlagen.

VII.

Auch in der Folge sind die Meister, welche auf dem Hratschin arbeiteten, zweifellos deutsch. Georg Podiebrad war seit 1452 Landesverweser und seit 1458 König von Böhmen. Er suchte die härtesten Gegensätze zu vermitteln, ja, 1459 schwor er die Ketzerei ab. Es schien, als wenn er sich ganz der katholischen Partei zuneigen wollte, welche beim Adel, in Mähren, Schlesien und der Lausitz ihre stärksten Stützen hatte. Damals erhielt aber die hussitische Bewegung neue Kraft. An ihrer Spitze stand Rokycana, der gewaltige tschechische Volksredner. Er war utraquistischer Erzbischof, nicht vom Papst bestätigt und stolz darauf, es nicht zu sein. Seine Macht lag in der Demagogie. Ein Mann von gewaltigen Lungen und eiserner Festigkeit, beherrschte er die utraquistische Kirche wie ein Dictator. Seine Amtsführung trug alle Merkmale ihrer Herkunft. Sie schwankte zwischen Gewalt und Zügellosigkeit. Sein Gotteshaus, die Theinkirche am alten Ring, seine stürmische Predigt, das allgemeine, leicht erregbare Mifstrauen der Hussiten gegen die im Dome von St. Veit herrschende katholische Partei, der nationale Hafs zwischen Slaven und Deutschen — das waren die Mittel, mit welchen er selbst den König seinem Willen zu beugen wufste. Er war das hussitische Gewissen Georg Podiebrads, wenn diesen die diplomatischen Nothwendigkeiten zu sehr ins katholische Geleise führten. Der Sohn der Revolution sah bald ein, dafs er nicht gegen die Revolution regieren dürfe!

Von diesem Rokycana gehen Satzungen gerade in der Zeit des Schwankens des Königs aus, welche für die gewerblichen Verhältnisse in Prag hohe Bedeutung erhielten. Er ordnete nämlich an, niemand solle zur Bürgerschaft einer hussitischen Stadt zugelassen werden, niemand in eine Zeche oder eine Zunft aufgenommen werden, niemand eine Erbschaft antreten, Eigenthum erwerben dürfen, niemand an geheiligtem Orte begraben oder getraut werden, der nicht einen Schwur leiste, dafs er das Abendmal in zweierlei Gestalt nehme. Das geschah 1459, also in dem Jahre, in welchem in Regensburg die Hüttenmeister an der böhmischen Grenze tagten und die Achtung vor den katholischen Sacramenten für eine Grundforderung bei jedem ehrlichen Steinmetzen erklärten. Es mufsten also die katholischen Meister, wenn sie gleich in Prag wieder sich eingefunden haben mochten, vor dem utraquistischen Gesetz weichen, und zwar aus der Altstadt und der Neustadt, nicht aber aus der Gemeinde des Hratschin, wo die Katholiken herrschten.

Jene Regensburger Hüttenordnung von 1459 ist nicht, so glaube ich bewiesen zu haben[65]), der Ausdruck damals bestehender oder auch nur damals durchgeführter Verhältnisse, sondern ein zunächst mifsglückter Versuch, eine Satzung für die deutschen Steinmetzen aufzustellen. Sie lehrt also nur erkennen, was die rheinischen und schwäbischen Meister wollten, nicht was bestand. Die Böhmen schlossen sich dem Versuch, eine Ordnung zu gründen, nicht an, ebensowenig alle jene Landestheile, die einst zur Lützelburger Herrschaft und zum Erzbisthum Prag gehört hatten. Regensburg selbst unterzeichnete den Satzungs-Entwurf nicht.

Woher aber die Steinmetzen des Ostens die Kraft zu ihrem Vorgehen nahmen, das beweisen zwei sehr merkwürdige Urkunden.

Matthäus Roritzer, der Sohn und Nachfolger Konrads am Dom in Regensburg, sicher durch das nahe Krumau geistig verbunden mit den Parler, veröffentlichte 1486 sein berühmtes Buch „Von der Fialen Gerechtigkeit".[66]) Er widmete es dem Fürstbischof von Eichstädt, Wilhelm von Reichenau (1464 bis 1496), einem humanistisch gebildeten und bauverständigen Manne, der ein Liebhaber und Förderer der freien Kunst und Geometrie sei. Damit nun jene, welche diese Kunst gebrauchen und sich davon nähren müssen, zum Verständnifs kommen, und die Mängel bei jenen, welche sich ihrer annehmen, aber sie nicht gründlich verstehen, ausgerottet werden, stellte sie Roritzer offenbar ans Licht. Zum ersten Mal wagte er, angeregt durch wiederholte Rücksprache mit dem Fürstbischof, „den Anfang des ausgezogenen Steinwerks, wie und in welches Maafs das aus dem Grunde der Geometrie mit Austheilung des Zirkels hervorgekommen und in die rechten Maafse gebracht werden solle", vor die Oeffentlichkeit zu bringen. Diese Kunst habe er nicht allein aus „sich selbst, sondern auch durch die alten, der Kunst wissenden, und nämlich die Jungherren von Prag erklärt". Nicht „aus besonderem Ruhm, nur allein gemeinem Nutz zu gut" habe er dies vorgenommen. Das Büchlein lehrt zunächst „einen Grund einer Fialen nach Steinmetzischer Art zu reifsen." Später geht er über zur Lehre der „Maasbreter und Blumen auf die Wimperge", das heifst der Gesimsbildung und der mit Knaggen verzierten Spitzverdachungen, welche zu jener Zeit an Fenster und Thüren, an Strebepfeilern und Thürmen die wichtigste Verzierung bilden. Dann lehrt er den Riesen mit seinen Blumen abzutheilen, d. h. die Spitze der Fiale zu verzieren. Damit „hat ein Ende das Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit". Matthis Roritzer hat sein sehr selten gewordenes Buch selbst gedruckt. Eine Fortsetzung erschien nicht. Es mag einen Sturm der Entrüstung bei der Mehrzahl der zünftigen Steinmetzmeister der Hüttengewaltigen hervorgerufen haben! Denn deren Ordnung befahl ausdrücklich, „es solle kein Werkmann, Polierer oder Geselle, der nicht des Handwerks sei, aus keinem Auszug unterweisen aus dem Grunde zu nehmen!"

65) Kunst und Künstler am Vorabend der Renaissance, Halle 1891, Seite 41 ff.; ferner mein Aufsatz über die Erfurter Hüttenordnungen im Repertorium für Kunstwissenschaft, Stuttgart 1892.

66) Heideloff, Die Bauhütte des Mittelalters in Deutschland, Nürnberg 1844; Janner, Die Bauhütte des deutschen Mittelalters, Leipzig 1876; Schultz, Die deutschen Dombaumeister des Mittelalters, in Dohme's „Kunst und Künstler Deutschlands," Band I.; A. Reichensperger, Vermischte Schriften, 1845.

Die Formen, welche Roritzer lehrte, waren damals in ganz Deutschland die gebräuchlichen. Aber mehr und mehr begann man sie freier zu verwerthen. Das Geheimnifs ihres Aufbaues war bereits ein offenes, als es Roritzer verrieth. Er that es auch nur, um die Gebrechen und Mängel auszurotten, welchen jene verfallen, welche sich ihrer bedienen, ohne sie aus dem Grunde zu verstehen. Er wollte die Lehre der Verhältnisse verkünden, damit die Formen gereinigt werden von Mifsbildungen, er dachte also im Geiste der Renaissance, welche überall das Bestreben zeigte, die Baukunst den „Wissenden" zu entreifsen und sie zu einer freien zu machen, wie die Wissenschaft der Geometrie frei war.

Ein zweiter wichtiger Aufschlufs findet sich in Hans Schmuttermayers Fialenbüchlein vom Jahr 1490.[67]) Dieser giebt sein Buch zum Trost aller Meister und Gesellen heraus, die die freie Kunst der Geometrie gebrauchen und um den „wahren Grund des Maafswerks" zu lehren, damit er desto freier und wahrhaftiger eingepflanzt werde; und zwar thut er dies nicht um eigener Ehre willen, sondern „zum Ruhm und Lob der alten unser Vorgeher, Setzer und Finder dieser hohen Kunst des Bauwerks, die aus der Waage, Winkelmafs, Triangel, Zirkel und Lineal ursprünglich ihren wahren Grund haben und nun mit der Schärfe subtiler hoher Sinne und tiefer Rechnung jetzt ersucht ist." Er hat solches nicht selbst erfunden, „sondern von viel andern grofsen berühmten Meistern, als den Jungherrn von Prag, Meister Ruger, Niclas von Strafsburg;" „die han am meinsten die nev art an das licht gepracht, mitsamt vil andern genomen". Wir haben hier also den entschiedenen Hinweis auf eine neue Kunstart und auf deren Ausgang in erster Reihe von den Jungherren von Prag. Ueber diese giebt es nun zwar eine ganze Litteratur, ohne dafs viel Gutes zu Tage gefördert worden wäre.[68]) Es käme sehr erwünscht, wollte jemand sicher erkunden, wer jene von Schmuttermayer genannten Künstler sind. Betreffs des zuletzt genannten ist dies mit einiger Wahrscheinlichkeit festzustellen. Strafsburg war zweifellos ein Hauptsitz der Baukunst jener Zeit, an den Dom fesselte sich die Nachricht von einem Antheil der Jungherren bei der Gestaltung des Baues. Wenn Krauss neuerer Zeit jene Nachricht als grundlose Sage bezeichnet, so scheint mir hier die Kritik etwas zu weit zu gehen. Sicher ist es nicht ohne allen Grund, dafs diese Sage auftrat. In der Reihe der Münstermeister von Strafsburg erscheint 1394 bis 1399 Klaus von Lohre, der dort noch 1429 als der alte Werkmeister lebt. Auch Meister Niclaus Wurmser aus Strafsburg, der Hofmaler Kaiser Karls IV. ist in Betracht zu ziehen. Die zweite deutsche Hauptstadt der Baukunst war Köln, wo 1331—1333 ein Meister Rutger den Dombau leitete. Dessen Enkel scheint Meister Rutger von Köln, Michielszoon zubenannt, gewesen zu sein, der seit 1369 in Kampen am Zuidersee baute[69]); 1322 giefst ein Rudger in Beneschau in Böhmen Glocken[70]); 1372—1373 arbeitet am Prager Dom Meister Ruger, wo er Capitelle, Lilien, Blumen, namentlich aber Wimperge haut[71]). In allen diesen Fällen weisen die Vermuthungen auf das 14. Jahrhundert zurück, als auf die Zeit, in der auch die Jungherren von Prag gelebt haben müfsten. Dadurch gewinnen die Aufschriften eines Sammlers aus dem 16. Jahrhundert auf einigen figürlichen, ganz im Stil der Prager Malerschule gehaltenen Zeichnungen, die sich in der herzogl. Bibliothek zu Bernburg und in der Kunstsammlung der Universität Erlangen finden. Leider waren mir diese selbst nicht zugänglich. Wenn nun die Jungherren von Prag nicht blofs Steinmetzen, sondern auch Maler und Bildhauer waren, wie Johannes Gallicus gewesen zu sein scheint, so steht die Vermuthung nahe, in den leitenden Köpfen der Prager Schule, in Meister Peter, Monssier Johannes, Nicolaus Wurmser und anderen die Lehrer Matthäus Roritzers und Hans Schmuttermayers zu suchen.

Bekanntlich weist die Liste der Lucaszeche in Prag 1435 die drei Namen: Panicz Waczlaw, Panicz Peter, Panicz Janek, d. h. Junker Wenzel, Junker Peter, Junker Johann auf. In Breslau erscheint 1411—1470 Jamis Jungherr (Jungehannes, Johann Junker oder blofs Jungherre) als Maler. In Meifsen erscheint Junker Ladewig, der Maler, 1470.[72]) Ob dieselbe Person hierin öfter genannt wird, oder ob hier doch Verwandte gemeint sind, ist für uns von minderer Bedeutung. Es bleibt aber die steigende Wahrscheinlichkeit, dafs die Jungherren von Prag nicht blofs Architekten, sondern auch Maler waren, dafs also die Trennung der Künste in Böhmen nicht jene Härte annahm, wie im 15. Jahrhundert im übrigen Deutschland. Dies macht es zur Pflicht, die Hüttenverhältnisse Böhmens genauer zu betrachten.

In der Altstadt Prag bestand 1483 eine tschechische Hütte, der auch jene unterstellt war, welche sich in Kuttenberg unter dem Einflufs des vorzugsweise deutschen Bergbaues bildete. Aber diese hatte den Gebrauch, ihre Lehrlinge schon nach zwei Jahren freizusprechen, während die Altstädter wie die Regensburger und die Sachsen vier, der damals sich sammelnde grofse Hüttenverband am Rhein und in Schwaben fünf Jahre vorschrieben. Es wäre ein Irrthum, wollte man hierin nur Zufälligkeiten sehen. Im westlichen Deutschland suchte man bereits den Zutritt zur Hütte zu erschweren, die man in den vom Aufstand und Krieg verwüsteten, an Handwerkern ärmeren, in der Zunftentwicklung zurückgebliebenen östlichen Ländern erleichtern wollte. Dort suchten die Steinmetzen sich die Arbeit zu sichern, hier hatte man Mühe bei den zahlreichen neuen Bauten, namentlich in den neu erschlossenen Silbergegenden Gesellen zu finden. Ein Vertrag vom Jahre 1489 stellte fest, dafs auch in Kuttenberg die Lehrzeit auf vier Jahre ausgedehnt werde. Der Einflufs der Landesregierung scheint die Kuttenberger zur Nachgiebigkeit veranlafst zu haben. Weniger bereit waren sie zu dieser, als ihnen für den Bau der mächtigen Barbarakirche ein Prager Meister aufgezwungen wurde. Denn dieser, Mathias Raisek, war erst ein „ziemlich gelehrter Schulmeister und Baccalaureus" an der Theinschule in Prag gewesen und hatte die Baukunst, zu der er in späterem Alter überging, auf litterarischem Wege, „von Niemandem" erlernt. Auch er war wohl ein Schüler jener „Prager Jungherren", auch er stand im denkbar schärfsten Gegensatz zu den Bestimmungen der westdeutschen Hütten, die ihn als „Böhnhasen" und Nichtdeutschen gleichmäfsig

67) Abgedruckt im Anzeiger für Kunde deutscher Vorzeit, Nürnberg 1881 und 1882.

68) Vergleiche den Litteraturnachweis bei F. X. Kraufs, Kunst und Alterthum in Elsafs-Lothringen, Strafsburg 1876—84.

69) Otte, Handbuch der kirchl. Kunstarchäologie, 5. Auflage, Leipzig 1885.

70) Neuwirth, Die Christl. Kunst in Böhmen, a. a. O.

71) Neuwirth, Wochenrechnungen a. a. O.

72) Hauptstaatsarchiv in Dresden, Wittenberger Archiv, Loc. 4337 „Uszug aller Innahme." Bl. LII. Ich stelle dahin, ob Ladewig, der auch als Schnitzer auftritt, nicht als der Maler des Dombildes in Meifsen zu betrachten sei.

hassen mufsten. Aufserdem war er wohl zweifellos ein Utraquist. Der Stadtrath von Prag begünstigte ihn, die tschechische Hütte der Altstadt Prag, welche alle Zünfte gleichen Handwerks in Böhmen verwaltete, trat für ihn 1489 ein. Das geht aus einem Schreiben dieses Jahres hervor, nach welchem die Kuttenberger bei dem oberösterreichischen, also deutschen Meister der Prager Veitskirche Benedict Ried anfragen, was von Raisek zu halten sei, worauf dieser diplomatisch vorsichtig antwortet, er kenne ihn nicht. Er kannte ihn wohl nur als Steinmetz nicht, weil er ihn für einen solchen nicht hielt, aber auch keine Lust spürte, sich für das Zunftwesen der Tschechen zu ereifern. Der Streit der Kuttenberger gegen Raisek dauerte volle zehn Jahre. Erst 1500 legte er dem Kuttenberger Rathe zwei Urkunden vor, welche ihn als ordentlichen und gelernten Meister auswiesen. Jene Urkunden hatten die Hütten von Altstadt und Neustadt Prag unterschrieben; nicht aber jene auf dem Hratschin, welcher Benedict vorstand.

Waren in Böhmen die Hüttenverhältnisse unklar, so noch mehr in den nur locker zu Böhmen gehörenden Sechsstädten der Lausitz. Die Actenfunde von Dr. Wernicke[73]) geben hierfür die deutlichsten Belege, namentlich jener Streit zwischen dem Meister Konrad Pfluger und dem Bildhauer Hans Olmützer. Dieser wird 1483 als Maler in Breslau genannt, schnitzte aber 1487 ein Bildwerk für die Barbaracapelle in der Görlitzer Klosterkirche und fertigte für diese einige Standbilder. Paul Döring, ein Steinmetz, half ihm dabei. Ein Maler und Bildhauer „förderten“ also gegen die Hüttenvorrechte einen Steinmetzen. Hierin sah Meister Konrad einen Angriff auf das ganze Hüttenwesen. Im Zorn beleidigte er den Hans Olmützer, der ihn vor dem Görlitzer Rath verklagte. Konrad „lobte und tadelte“ Meister Hansens Meisterbrief ebenso wenig wie Meister Benedict jenen des Raisek. Aber er forderte, derselbe solle „vor den Steinmetzen“ gelesen werden, dort würde er ihm wenig dienen, denn es sei nicht in dem Briefe ausgedrückt, dafs er „die (Lehr) Jahre ausgestanden“. Der Görlitzer Rath wufste nicht zu entscheiden, und da gerade zwei seiner Rathsherren nach Prag gingen, erhielten diese 1497 den Auftrag, sich bei Meister Benedict, des Königs Werkmeister, zu erkunden, wie es mit dem Briefe Meister Hansens stehe, da dieser doch in demselben ein Steinmetz genannt werde und er in ziemlicher Dienstbarkeit gestanden habe. Denn der Rath wünschte, dafs man ihn in Ruhe arbeiten lasse, da er früher schon Steinmetzen ohne Anstand beschäftigt habe, ja Konrad ihn selbst mehrfach gefördert habe. Auch werde Georg Radisch, der früher bei ihm in Arbeit stand, jetzt in Prag gefördert. Die Antwort Meister Benedicts fehlt. Sie dürfte, wie früher jene über Raisek, ausweichend ausgefallen sein. Das mag der Grund sein, warum die Görlitzer in derselben Frage sich am 16. Jan. 1499 nochmals an den Dommeister von Passau, Hans Franke und an Meister Michel in Wien, die Schöpfer des Grabmals Kaiser Friedrichs III, wendeten. Hans Olmützer scheint selbst sich auf den Weg gemacht zu haben, um die beiden Meister zu begrüfsen, denn das Schreiben des Raths sagt aus, „dieser Gegenwärtige“ habe lange in Görlitz sich ehrbar und redlich gehalten, die Gesellen weigern sich aber jetzt noch bei ihm zu arbeiten, weil er nicht redliche Kundschaft habe. Man sieht, Konrads und der nun zünftlerisch erstarkten Hütte Einflufs war im Steigen begriffen. Denn der Rath sagt jetzt ausdrücklich, dafs es den beiden Meistern „nach Gewohnheit des Handwerks zustehe, darüber zu erkennen“, ob Hans ein Steinmetz sei. Wieder scheint die Antwort unklar gewesen zu sein, denn nochmals schreibt der Rath an Hans Frankes Nachfolger Hans Lindtorfer, ob er Hans Olmützer auf dem Bau annehmen würde, wenn dieser Arbeit begehren würde. Noch wurde Georg Radisch von der Hütte in Magdeburg und ihrem Meister Michel „aufgetrieben“, weil er früher bei Hans Olmützer gearbeitet habe. Ja der Streit dürfte die Veranlassung sein, dafs Olmützer Görlitz verliefs, sein Haus 1503 in Breslau verkaufte und seinen Fufs weiter setzte.

Noch deutlicher zeigt sich die Unklarheit der Verhältnisse an einem Wiener Hüttenstreite[74]). An St. Stephan war Georg Oexl, ein „berühmter“ Künstler, als Dommeister angenommen und hatte dort etliche Jahre gearbeitet. Zuletzt hatte er den „Orgelfufs“ an der nördlichen Seitenschiffwand begonnen, deren Gewölbansatz er mit seinem Bildnifs schmückte. Aber Anton Pilgram von Brünn lieferte eine Figur für die Fortsetzung des Werkes, welche den „Herren von Wien“ besser gefallen mochte, als Meister Georgs Plan. Und somit beriefen sie auch Anton an den Bau. Georg sah sich hierdurch beleidigt und erhielt auf seine Beschwerden hin den Abschied. Hiernach glaubte die Wiener Hütte, Anton habe gegen die Bestimmung der Ordnung gesündigt, welche verbot, dafs ein Meister den andern hindere und von dem Werk dränge. Sie erklärten daher, das Hüttenbuch, die Büchse, Wachs und Siegel dem Anton nicht anvertrauen zu wollen, und übergaben diese dem kaiserlichen Werkmeister Michel Grabmeister, an den sich schon 1499 auch der Görlitzer Rath gewendet hatte. Dabei betonten sie, die Brüderschaft sei zur Mehrung des Gottesdienstes und zum Vortheil des Handwerks der Steinmetzen vor vielen Jahren gegründet, und ihre Ordnung werde bei allen Haupthütten und in allen Orten deutscher Nation für ein Gesetz gehalten, weil sie zur Ehrbarkeit und guter Sitte anhalte. Nun forderten „die Herren von Wien Meister und Gesellen“, die Hütte solle die Büchse herausgeben und erklärten die Entfernung derselben aus der Gewalt des Dommeisters für Raub.

Am Veitstage wurde nun eine Versammlung der Brüderschaft „im Lande Oesterreich“ nach Klosterneuburg zusammenberufen, welche sich entschieden gegen Meister Anton aussprach. Es wurde viel gegen diesen Mann vorgebracht. So habe er Meister Peter in Brünn wegen eines schlechten Handels, der nicht ihm als Hüttenmeister, sondern der Obrigkeit zu strafen gebührt habe, in eine Pön von 40 fl. ungarisch genommen. Peter beschwerte sich bei der Haupthütte in Wien, die ihn mit einigen Pfund Wachs strafte. Die Brünner aber hatten Anton, weil er so schwer gegen die Ordnung gestaft habe „fenglich angenommen“. Während er nun im Gefängnifs safs, liefs er die Gesellen und die Hüttenbüchse zu sich kommen, vertheilte das Geld zu seinem und seiner Leute Nutzen. Daher sei ihm die Wiener Brüderschaftskasse nicht anzuvertrauen. Aufserdem sei Anton kein Bruder.

Weiter klagt der Steinmetz Valentin Unger in Brünn, er sei ins Gefängnifs geworfen worden, weil er sich darüber be-

73) E. Wernicke, Sächs. Künstler in Görlitzer Geschichtsquellen im N. Archiv für die sächs. Geschichte, Dresden 1885. Band VI; Derselbe: Schlesische Steinmetzzeichen in: Schlesiens Vorzeit in Wort und Bild, Breslau 1877; Derselbe: Anzeiger für Kunde deutscher Vorzeit, Nürnberg 1877.

74) Hormayr, Taschenbuch für die vaterländische Geschichte, Wien 1829.

klagt habe, dafs Anton einen so frommen Mann wie Georg Oexl verdrängt habe. Meister Haniman „borgt ihn aus", er solle Kundschaft hierüber bringen. Darauf erklärten die Klosterneuburger brieflich, Unger sei im Recht mit seiner Klage. Aufserdem erklären diese, sie hätten aus gutem, d. h. freiem Willen Georg zu ihrem Hüttenmeister gemacht; es sei keineswegs nöthig, dafs dem Dommeister stets dies Amt zufalle; sie könnten die Hütte, wenn sie wollten, ganz von Wien fortlegen; ja sie hätten Georg das Bruderbuch genommen, damit nicht Anton fälschlich und gegen ihr Verbot in dieses eingetragen werde.

Nun zeigt sich, dafs in Wien noch eine Brüderschaft bestand, die wie oben gesagt „der Herren von Wien Meister und Gesellen" hiefs. „Das sind Priester, Maler und andere Handwerker", sagen die Klosterneuburger, sie haben in ihrem „Conventikel" ihre Zeche für sich, und jene haben in dieser nichts zu schaffen, wissen auch nichts von ihren Briefen. Die Klosterneuburger rühmen sich Meister und Gesellen der Steinmetzbrüderschaft zu sein, „die dazu gehören und wöchentlich ihr Geld in die Büchse legen". Die Wiener waren „Ursacher" der Versammlung, die, wie andere früher „in männiglichs Verhinderung, niemands Zuverachtung oder Nachtheil" abgehalten sei und Land und Leuten nichts schade. Sie handeln nach der vom Kaiser bestätigten Ordnung. Die „Conventikel der Herren von Wien" aber bänden sie nicht, erstreckten sich nicht auf sie, haben kein Recht Pönen gegen sie auszusprechen. Daher bittet Meister Michel, der weder Factionarius sei, noch Praktiken aufrichte, noch mit Recht von den Herren von Wien des Aufruhrs bezichtet werde, diese mögen aufhören, gegen die Brüderschaft unbillig vorzugehen. Diese Brüderschaft aber, die sich des Steinmetzen und Bildhauers Anton Pilgrim annahm, deren Mitglied er gewesen zu sein scheint, war die St. Lukasgilde, deren Satzungen wir kennen.[75]) Diese enthält zwar nichts von der Theilnahme der Architekten jener Zeit an ihrer Genossenschaft. Aber wie Meister Peter in Prag, so scheint auch Meister Anton in Wien mit ihr Verbindung erhalten zu haben, ohne sich um zünftlerische Sonderbestrebungen zu kümmern. Es bestand also noch die alte Verbindung der Architekten mit der Lukaszeche.

Dieser Streit dürfte sich im Jahre 1510 oder 1511 zugetragen haben. Er ist ein Beweis des kleinlichen zänkischen Geistes, der in den Hütten herrschte, und der Rechtsunsicherheit hinsichtlich ihres Wirkungsgebietes.

Ganz ähnlich stellen sich die Sachen in dem von mir wiederholt dargestellten Annaberger Hüttenstreit, welcher 1518 ausbrach[76]). Die Hütten aus den früher lützelburgischen Landen thaten sich hier zusammen, um sich gegen die stärker werdenden und sie in ihrem Handwerksbetriebe störenden rheinischen Meister zu schützen. Der Streit betraf wieder die Zahl der Lehrjahre und die kleinliche Forderung der Strafsburger, kein Bildhauer dürfe einen Steinmetz „fördern". Der blödeste Zunftzwang war die Veranlassung, die Anwendung der kleinlichsten Verbietungsrechte das Kampfmittel. Die Meifsner, Schlesier und Böhmen des 16. Jahrhunderts wufsten dem Zwang von aufsen nun auch schon nichts mehr entgegenzusetzen als eine Hütteneinigung mit etwas anderen, zunächst noch freier gehandhabten Gesetzen.

Gleichzeitig etwa war in Regensburg, dem alten Sitz Prager Baueinflüsse, ein Trauerspiel zum Abschlufs gekommen, bei welchem ähnliche Verhältnisse wie im Meifsnischen eine Rolle spielen. Süddeutschland war damals bereits revolutionär durchwühlt. Das „böhmische Gift" wirkte. „Geistliche und weltliche Herrschaft, welche gegen göttliches Gebot verwaltet werden, sind verwirkt!" „Der Besitz irgend eines Gutes von seiten eines Ungerechten und eines Gottlosen ist Diebstahl und Raub!" Das waren Lehren, die selbst den Bauern geläufig geworden waren. Der Bundschuh ging unter ihnen um. „Loset, was nun für ein Wesen!" lautete die Stichfrage. „Wir mögen vor Pfaffen und Adel nicht genesen!" war die Anwort der Eingeschworenen. Im Badischen, Schwäbischen, in der Schweiz hatte der blutige Tanz schon begonnen. Er zog sich die Donau hinab. Bei den windischen Bauern hatte er Anklang gefunden. Auch in den Städten begann es sich zu regen. Die Handwerker nahmen den alten Kampf gegen die Geschlechter wieder auf und deren harte Mifswirthschaft. So in Regensburg: Die breite Menge der Innungsmitglieder zeigte sich störrisch, der Streit wurde ernster, seit die Herren die Stadt in kaiserlichen Gehorsam überlieferten. 1512 begann der Aufstand, welchen der „Pöfl" gegen den kaiserlichen Hauptmann erregte. Dieser mufste fliehen. Man machte dem Rath den Procefs, weil er die Stadtgelder übel verwaltet habe. Man wollte dem Kaiser nicht gehorchen, wie die Schmeichler, die „Suppenfresser" es wünschten. Man schwor auf dem Markte, wohl hundert mal, oft zweimal am Tage, lieber solle die Stadt zu Grunde gehen, ein Stein nicht auf dem andern bleiben, ehe man von dem festen Bunde der Gemeinde abliefs. „Die schreiigen Machthansen, sagt der Chronist Widmann[77]), wie denn Omnes thut, wenn er laufend wird, wollten Kirchen und Pfaffen stürmen." Der Administrator des Stiftes Regensburg, Pfalzgraf Johann, redete zum Guten. Die Geistlichen suchten durch Processionen die Masse zu beschwichtigen. Aber wer nicht schrie und „unzüchtig" war, galt nichts. Man henkte ein Rathsmitglied, dessen Rechnungen unrichtig befunden waren.

So gings über ein Jahr. Die Arbeit lag danieder, die Besinnung kam zurück. Im Jahr 1514 zog der kaiserliche Commissar in die Stadt ein, das blutige Gericht brach an. Der erste, den man auf das Schaffot führte, war der Dommeister, Wolfgang Roritzer, Konrads Bruder, der Haupträdelsführer. Da „half weder Geld, Kunst noch Gebet: Nur nieder, den Kopf herab!" Der zweite war Michael Loy, der Bildschnitzer des Domes, „ein schneeweis, altes, ehrlich Haar". Auch er fiel unter dem Streich des Henkers. So standen also die Künstler zur Obrigkeit schon vor dem Auftreten Luthers. Das erste, was die kaiserliche Commission nach vollzogenem Gerichte that, war die Herausgabe einer neuen Ordnung[78]). Unter solchen Umständen entstand die Regensburger Steinmetz-Ordnung von 1514, ein weiteres wichtiges Actenstück zur Darstellung der gesellschaftlichen Lage der Künstler jener Zeit. Diese ist also keineswegs der Ausdruck des freien Willens der Handwerker, sondern eine Zwangsmafsregel, durch welche der Kaiser Verhält-

75) Camesina, Die S. Lucaszeche in Wien, in: Mittheilungen der kk. Centralcommission, Wien 1857.

76) Näheres über diesen siehe meinen Artikel: Ein Beitrag zur Geschichte der Steinmetzhütten im Archiv für die sächs. Geschichte, Band V, Dresden.

77) Leonhard Widmanns, Chronik von Regensburg, in: Chroniken der bayrischen Städte, Leipzig 1878, Band XV.

78) Janner, Die Bauhütten des deutschen Mittelalters, Leipzig 1876.

nisse beseitigen wollte, die den herrschenden Staatsmännern als Uebelstände erschienen.

Nun ist zunächst zu beachten, dafs die kaiserlichen Räthe keineswegs Regensburg zum Anschlufs an die von Kaiser Maximilian bestätigte Strafsburger Ordnung zwangen, wie sie wohl gekonnt hätten. Sie halten ausdrücklich an der vierjährigen Lehrzeit fest. In einem Hauptstreitpunkte erklärten sich die Machthaber also hier gegen die Hüttenordnung des Westens. Dem Dommeister gewährt sie überdies in der Freisprechung noch besondere Vorrechte, ja, sie gestattet Meister und Gesellen, die nicht „in der Ordnung" sind, sondern anderswo in Hütten kamen, in Regensburg zu arbeiten. Während sie somit für Versöhnlichkeit eintritt, damit fremde Steinmetzen nicht „Krieg und Irrung in die Ordnung bringen", zeigt sie sich in zwei Punkten, die sichtlich vom Aufstand angeregt worden waren, sehr streng. Erstens in der Feststellung des kirchlichen Wesens, in der Anordnung der Seelenmesse, dann aber in der Ausschliefsung der Bildschnitzer und anderer, die im Steinwerk nicht gedient haben, vom Hauen des Steinwerkes. „Denselben soll kein Meister und Geselle nicht helfen arbeiten". Der Bildschnitzer darf „Bildwerke, Grabsteine, Schilde, Helme" hauen, wozu ihm ein Steinmetz „gegönnt" werden soll, nicht aber Thüren, Fenster, Sacramentgehäuse und Gewölbe und „was sonst dem Steinwerk zugehört". Die besonders scharfe Fassung dieses Gesetzes giebt zu denken. Sie scheint wider stark auftretende Uebel gerichtet, wider die Nachgiebigkeit des Roritzer gegen das Bestreben seines Kampf- und Todesgenossen Loy „Steinwerk zu hauen". Oder wenn wir dies in unsere Denkart übersetzen wollen: Es ist die Einzwängung des Talentes in die Gesetze der Zunft, die Vernichtung jener künstlerischen Freiheit, die in Italien damals so glanzvoll erblüht war. In demselben Jahre 1514 wurde der Maler Raffael Sanzio Dombaumeister von St. Peter. Wer dachte in Rom noch daran, dafs der göttliche Urbinate nicht „um Steinwerk gedient" habe?

Die Ergebnisse der Untersuchung möchte ich kurz in folgendem zusammenfassen: Der evangelische Gedanke, die Kirche als Gemeindehaus aufzufassen, macht sich in der Kunst früher bemerkbar als man bisher glaubte. Er tritt auf mit der Bildung evangelischer Gemeinden und verschwindet seitdem aus der Kunst so wenig wie aus dem Bewufstsein der Völker. Er äufsert sich zunächst in der Bildung von Predigtkirchen, einer Bauform, die der Katholicismus mit der ihm eigenen Biegsamkeit alsbald aufnimmt und mit der Altar- und Mefskirche verbindet. Er sucht dabei nach Einfachheit der Form. Die Prager Meister bringen die durch die örtliche Bauweise des Languedoc gegebenen waldensischen Anregungen in undeutlicher, ihnen selbst vielleicht unbewufster Weise nach Deutschland, und zwar zunächst in das Land des Hussitismus. Sie geben dadurch der ostdeutschen und später der ganzen deutschen Kunst neuen Ansporn, werden aber auf deutschem Boden, entsprechend dem mystischen Geiste der deutschen Kirchenreformer, vorzugsweise Fortbildner der Einzelform, Ergründer und Lehrer des mathematisch-geometrischen Systems der Gothik. Sie erhalten sich jedoch hierbei das Bewufstsein von der Einheit und Freiheit der Künste. Im Widerspruch zu ihnen entsteht im 15. Jahrhundert die Knechtung der Kunst durch die kurzsichtigen Hüttengemeinschaften, unter der die grofsen Meister am Ende dieses Zeitabschnittes leiden und an der die Gothik zu Grunde geht. Die Hütten und Zünfte sind nicht, wie man bisher annahm, die Pfleger, sondern die Verderber der mittelalterlichen Kunst, oder doch die socialen Zeichen ihres Verfalles. Sie nahmen ihr den freien Zug und gaben ihr den handwerklichen Geist, durch den sie im 16. Jahrhundert, in welchem das Hüttenwesen erst zur vollkommener Durchbildung gelangte, ihre Gröfse einbüfste. Cornelius Gurlitt.

Das Neue Allgemeine Krankenhaus in Hamburg-Eppendorf

nach amtlichen Quellen dargestellt von

C. J. Ch. Zimmermann und F. Ruppel
Baudirector. Bauinspector.

(Mit Abbildungen auf Blatt 49—55 im Atlas.)

Bis zur Errichtung des im Jahre 1890 vollendeten Neuen Allgemeinen Krankenhauses in Hamburg-Eppendorf war das in den Jahren 1820—23 erbaute alte „Allgemeine Krankenhaus" an der Lohmühlenstrafse in Hamburg die einzige derartige staatliche Anstalt, welche den weitaus gröfsten Theil der städtischen Kranken aufzunehmen hatte. Ursprünglich auf 1000 Betten für Kranke jeder Art berechnet, wurde sie durch mehrfache Erweiterungen bis zu einer Aufnahmefähigkeit von etwa 1400 Krankenbetten gebracht. Da bei dem starken Anwachsen der Bevölkerung die Anstalt dem Bedürfnisse nicht mehr genügen konnte, wurde endlich im Jahre 1882 der Bau einer neuen öffentlichen Krankenanstalt beantragt, welche für acute und schwere, jedoch heilbare Krankheiten bestimmt sein sollte, während in dem alten Krankenhause mit der hygienisch zulässigen Gröfstzahl von 1300 Krankenbetten im wesentlichen nur chronisch Kranke und Sieche sowie alle solchen Kranken Aufnahme finden sollten, bei denen ein weiterer Transport nicht ohne Schaden für dieselben zu bewirken wäre. Nachdem Senat und Bürgerschaft diesem Antrage zugestimmt hatten, wurde im Jahre 1883 ein geeignetes Bauland erworben und der Entwurf durch gemeinsame Arbeit der beiden Krankenhausdirectoren und des Baudirectors festgestellt. Noch vor der im März 1885 erfolgten endgültigen Genehmigung des Gesamtplanes gab die im Jahre 1884 auftretende Gefahr einer Cholera-Epidemie Veranlassung, auf dem angekauften Baulande vorweg ein provisorisches Choleralazareth, bestehend aus 6 Stück zerlegbaren Holzbaracken für je 20 Betten nebst provisorischen Fachwerks-Bauten für die Verwaltung und die Küche, sowie einem Leichenhause, ferner aus 8 massiven Pavillons und einem ebensolchen Desinfectionsgebäude zu errichten. Mit dem eigentlichen Bau der neuen Krankenanstalt wurde sodann im Mai 1885 begonnen.

Der hart an der Hamburgischen Landesgrenze im Vorort Eppendorf belegene Bauplatz hat eine ringsum freie, hohe Lage (+ 17 bis + 23 m über dem Nullpunkt des Elbfluth-

wassers), eine von West nach Ost gleichmäfsig abfallende Neigung und an der neu angelegten Martinistrafse eine Frontlänge von etwa 450 m. Seine Gröfse beträgt im ganzen 18,61 Hektar (vgl. den Lageplan und die Vogelschau auf Bl. 49). Der Baugrund ist günstig und besteht im wesentlichen aus feinem Sande, der von einer sehr dünnen Humusschicht überdeckt ist. Für die neue Krankenanstalt wurde das bisher in solchem Umfange noch nicht ausgeführte Pavillonsystem gewählt, wobei indessen von einer Verbindung der einzelnen Gebäude durch bedeckte Gänge abgesehen wurde. Die Anstalt umfafst aufser den oben erwähnten provisorischen Bauten des Epidemie-(Cholera-)Lazareths 73 massive Baulichkeiten, und zwar: ein Verwaltungsgebäude, 55 zur Aufnahme von Kranken bestimmte Pavillons, ein Operationshaus, ein Anatomiegebäude mit Leichenhalle und Capelle, eine Desinfectionsanstalt, eine aus 7 Gebäuden bestehende Oekonomie-Abtheilung, 5 Beamtenwohnhäuser und ein Pförtnerhäuschen.

Den Hauptzugang zur Anstalt bildet die Einfahrtshalle des in der Mitte der Vorderfront liegenden Verwaltungsgebäudes. Von hier führt eine Hauptstrafse in der Richtung der Mittelachse dieses Gebäudes durch die ganze Tiefe des Anstalts-Grundstücks und theilt dasselbe in zwei Theile. Rechts von dieser Hauptstrafse liegt die Männer-Abtheilung, links die Frauen-Abtheilung. In der Mittelachse selbst, von der Hauptstrafse gabelförmig umfafst, liegen zwei Gebäude allgemeinen Bedürfnisses, das Operationshaus und das Badehaus. Die von Südost nach Nordwest laufende Hauptstrafse wird von Querstrafsen durchschnitten, welche die Krankenpavillons in sechs parallele Reihen theilen. Die beiden ersten Gebäude-Reihen mit 20 Pavillons bilden die chirurgische und die Augen-Abtheilung, die nächsten drei Reihen, mit 26 Pavillons und einem besonders abgegrenzten Delirantenhause, die medicinische Abtheilung; die sechste Reihe, mit 8 Pavillons und der Desinfectionsanstalt, bildet zusammen mit den Holzbauten des Choleralazareths die Epidemie-Abtheilung. Rechts seitlich von der Männer-Abtheilung in der nordöstlichen Ecke des Grundstückes liegt das durch eine Mauer besonders abgegrenzte Anatomiegebäude mit Leichenhalle und Capelle, während links seitlich von der Frauen-Abtheilung, von dieser durch einen besonderen Zufuhrweg von der Martinistrafse aus getrennt, die Wirthschaftsgebäude, bestehend aus einem Oekonomiegebäude, 2 Oekonomieschuppen, einem Küchengebäude, Waschhaus, Kesselhaus mit Dampfschornstein und aus einem Eishaus, als besondere Oekonomie-Abtheilung erbaut sind. Aufserdem enthält die Anstalt an Beamten-Wohnhäusern: das Haus des ärztlichen Directors, das des Verwalters, und, westlich von der Oekonomie-Abtheilung, von der übrigen Anstalt durch die Umfassungsmauer gesondert, ein Haus für 2 Inspectoren und 2 Häuser mit je 4 Wohnungen für Wärter.

Die Pavillonbauten sind derart zu einander gestellt, dafs die Längsachsen der Gebäude einer Reihe jedesmal auf die Mitten der Zwischenräume der nächsten Reihe treffen. Sämtliche Pavillons liegen mit ihren Längsachsen von Südosten nach Nordwesten, ihr Abstand von einander beträgt sowohl in der Längs- wie in der Quer-Richtung durchschnittlich 20 m. Sie grenzen mit der nordwestlichen Giebelseite unmittelbar an die Querstrafsen, während vor der südöstlichen Giebelseite bei den meisten Gebäuden noch freier Raum bis zur Strafse verbleibt, der ebenso wie der Raum zwischen den Langseiten der Pavillons zu Gartenanlagen — Rasenflächen mit niedrigen Bäumen und Ziersträuchern — benutzt ist. Die mit Reihenpflaster versehenen Strafsen sind längs dieser freien Seiten mit einfachen Baumreihen eingefafst. Die Fufssteige neben den Strafsen und die am meisten begangenen Fufswege haben einen Belag von Cementplatten erhalten. Alle Strafsen und Gebäude der Anstalt werden mit Gas beleuchtet, jedoch besitzen sämtliche Krankenräume auch elektrische Beleuchtung, die daselbst für gewöhnlich im Betriebe ist. Die Gebäude sind durchweg an das Rohrnetz der Stadtwasserkunst angeschlossen und den Vorschriften derselben gemäfs mit Hausreservoiren versehen. Besondere Warmwasserbehälter, die durch eine von der Centralheizung der einzelnen Pavillons ausgehende Dampfleitung erwärmt werden, liefern zu jeder Zeit auch warmes Wasser. Die Auswurfstoffe und Abwässer der Anstalt werden unmittelbar dem Sielsystem der Stadt Hamburg zugeführt.

Die Krankenpavillons sind im allgemeinen nach drei verschiedenen Grundformen errichtet. Diese werden dargestellt durch: 1. die sogenannten grofsen Krankenpavillons (24 Stück) für je 33 Betten; 2. die sogenannten grofsen Isolir- bezw. Aufnahme-Pavillons (11 Stück) für je 15 Betten und 3. die sogenannten kleinen Isolirpavillons (11 Stück) für je 6 Betten (Bl. 50).

Die grofsen Krankenpavillons

Nr. 3, 7, 8, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 52 und 56 des Lageplans (Bl. 49) sind eingeschossig und haben ihren Eingang am nordwestlichen Kopf-Ende, wo eine kleine Freitreppe zur 0,5 bis 0,7 m über Erdboden liegenden Erdgeschofshöhe emporführt. Zu beiden Seiten des 2,5 m breiten Eingangsflures befinden sich 3 Isolirzimmer von je 58 cbm Luftraum und ein eben so grofses Wärterzimmer. Dieser Gebäudetheil ist von dem dahinter liegenden grofsen Krankensaale durch einen 2,3 m breiten Querflur, der kräftig durchlüftet werden kann, getrennt. Der Krankensaal hat eine Länge von 25,8 m, eine Breite von 8,5 m und eine Höhe von rund 5 m, also einen Luftraum von 1096,5 cbm, sodafs auf jedes seiner 30 Krankenbetten ein Luftraum von 36,6 cbm entfällt. In den beiden gegenüberliegenden Frontwänden sind je 8 grofse, bis unter die Decke reichende Fenster angebracht, die durch einen Sandsteinkämpfer in zwei Theile getheilt sind. Der obere zweiflügelige Theil ist bei der Hälfte der Fenster mit Glasjalousieen versehen, der untere vierflügelige Theil hat bei 1,30 m Breite eine Höhe von 2,30 m, ist aber bei den mittleren Fenstern in beiden Längswänden bis zum Fufsboden herabgeführt und als Fensterthür ausgebildet, durch welche die Betten über vorgelegte Rampen unmittelbar ins Freie gefahren werden können. Die gesamte Lichtfläche der Fenster beträgt etwas mehr als $1/4$ der Grundfläche des Saales. Vor dem Krankensaal und mit ihm durch eine 2 m breite Schiebe-Glasthür verbunden, liegt im südöstlichen Kopfbau der sogenannte Tageraum, zum Aufenthalt für Genesende bestimmt. In der Trennungswand dieses Raumes und des Saales sind zur besseren Ueberwachung des ersteren und zum besseren Durchlüften noch zwei grofse Schiebefenster angelegt. Die nach Südosten gekehrte Aufsenwand des Tageraumes ist in der ganzen Breite als Glaswand mit Schiebe-

thür und drei übereinander liegenden Fensterreihen, die unteren als Schiebefenster, die oberen als Klappfenster, um eine wagerechte Achse drehbar, ausgebildet. Der Tageraum kann daher im Sommer gewissermafsen als offene Halle benutzt werden, die gegen die Sonnenstrahlen durch ein grofses Leinendach geschützt wird. Vor der äufseren Eingangsthür zum Tageraum ist eine sanft ansteigende Rampe vorgelegt zum leichteren Transport der Kranken nach dem Freien und der im Tageraum für den Pavillon zur Vertheilung kommenden Speisen. Neben dem Tageraum liegen einerseits der nur von diesem aus zugängliche Aufwasch- und Spülraum und das nur mit dem grofsen Krankensaal durch eine Thür in Verbindung stehende Badezimmer, anderseits der ebenfalls nur vom Saale aus zugängliche Abortraum mit 3 Wasserclosets (in den Männerpavillons auch Pissoirständen) und einem grofsen emaillirten Spülbecken. In dem Vorraume der Closets ist ein grofser, oben offener Geräthеschrank aufgestellt. Unterkellert sind die grofsen Krankenpavillons nur unter dem nordwestlichen Kopfbau und dem anstofsenden Querflure. In diesem Keller, welcher nur von aufsen durch einen an der nördlichen Längswand vorgelegten Kellerhals zugänglich ist, liegen die Räume für die Centralheizung, eine Kammer zum Aufenthalt für den Heizer, Kohlenraum, eine Kleiderkammer und ein Geräthеraum. Die Räume sind von einem unter dem oberen Querflur angeordneten Vorraum zugänglich.

Bei allen Räumen der Krankenpavillons ist auf möglichst gute Beleuchtung, Uebersichtlichkeit und Durchlüftung Bedacht genommen. Die Fufsböden der Krankensäle und Badezimmer sind durchweg massiv hergestellt und vermitteln unmittelbar die Erwärmung der betreffenden Räume. Unter den Fufsböden nämlich ist über einer die Erdfeuchtigkeit abhaltenden Concretschicht eine Reihe bekriechbarer Längs-Canäle von je 0,75 m Breite hergestellt (vgl. Abb. 1), in denen die Rohre der Niederdruck-Dampfheizung (siehe unten) etwa 0,10 m unter der Canaldecke auf Eisenschienen liegen. Die einzelnen Scheidewände der Canäle sind durchbrochen gemauert, $^1/_2$ Stein stark und mit 0,60 m — 0,85 m grofsen Cementplatten überdeckt. Die Fugen der Deckplatten sind, soweit sie frei liegen, durch untergelegte Flacheisenschienen gedichtet und überall sorgfältig mit Cement vergossen. Auf diese Cementplatten, die, um eine gröfsere Haltbarkeit bei möglichst geringer Dicke (etwa 6 cm) zu erzielen, z. Th. mit Eiseneinlage versehen sind, ist der undurchlässige Fufsboden aus Marmor-Terrazzo gelegt. Das Canalnetz ist von dem Vorraume des Kellers mittels einer dicht schliefsenden eisernen Thür zugänglich und kann bei etwaigen Ausbesserungen der Heizrohre gehörig gelüftet werden. Die Flure, der Aufwasch- und Abortraum der Pavillons haben ebenfalls Terrazzofufsböden erhalten und sind, wie die vorigen, der guten Reinigung und Abspülung wegen mit Sielanschlüssen, ferner an den Wänden entlang mit ausgerundeten Scheuerleisten in gebügeltem Cement versehen. In den Isolirzimmern und im Tageraum befindet sich Holzfufsboden. Alle Räume haben einfache Fenster, deren bereits erwähnte Glasjalousieen mit einer Stellstange zu öffnen und zu schliefsen sind.

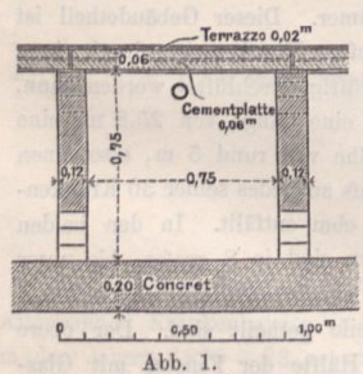


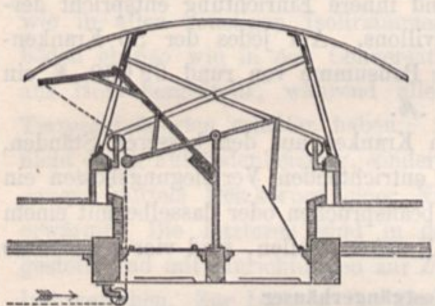
Abb. 1.
Querschnitt der Heizcanäle unterhalb des Fufsbodens.

Die flachen Holzcementdächer der Pavillons bilden gleichzeitig die Decken der Räume und sind daher unterhalb mit Schalung und Putz auf doppelter Berohrung versehen. Zur Lüftung der Hohlräume zwischen Decken- und Dachschalung sind in jedem Sparrenfeld an den gegenüberliegenden Seiten Durchzugsöffnungen angebracht, die mit Drahtgittern gesichert sind. Die Wandflächen aller Räume sind im allgemeinen bis zu einer Höhe von etwa 2 m über Fufsboden mit Cement geputzt und mit Oelfarbe gestrichen, im übrigen mit Kalkputz und Kalkfarbenanstrich versehen. Nur die unteren Wandflächen der Badezimmer und der Aufwaschräume haben eine Verblendung mit Mettlacher Platten erhalten.

Die Kaltwasser-Reservoire sind über dem Abortraum, dem Aufwaschraum und dem Wärterzimmer angebracht. Neben letzterem liegt auch der Warmwasser-Behälter, von welchem kupferne Ableitungen zu dem in der Mitte des grofsen Krankensaales in Verbindung mit einem Receptirtisch angeordneten zweiständigen Waschtisch, ferner nach der im Spülraum befindlichen Aufwaschvorrichtung sowie nach der Wanne im Badezimmer führen. Die Badewannen sind zum gröfsten Theil feststehend aus Steingut in einem Stück und innen weifs glasirt hergestellt. Neben ihnen werden aber auch noch transportable Badewannen aus verzinktem Kupfer vorzugsweise für Bäder, welche im Krankensaal oder in den Isolirzimmern verabfolgt werden müssen, benutzt. Die festen Badewannen haben Mischhähne für kaltes und warmes Wasser. Die Mischung erfolgt vor Eintritt des Wassers in die Wanne. Im Badezimmer befindet sich ein zweiständiger Waschtisch mit eisernem Untergestell, Marmorplatte, Porcellanschalen und Kalt- und Warmhähnen mit gemeinschaftlichem Auslaufrohr. Zur Benutzung bei Feuersgefahr sind an den Hauptleitungen im Lüftungs-(Quer-)Flur und im Abortraume Feuerhähne mit Schlauchverschraubungen und Gummischläuchen vorgesehen

Die sämtlichen Räume der grofsen Krankenpavillons werden mittels Centralheizung, und zwar mit Niederdruckdampfheizung von Bechem u. Post in Hagen, erwärmt. Von dem patentgeschweifsten Kessel der Dampfheizung geht je ein besonderes System von Dampfleitungen durch die erwähnten Canäle unterhalb des Krankensaales und des Badezimmers. Durch diese Dampfleitungen wird eine Erwärmung des Fufsbodens an der Oberfläche auf 18 bis 20° R. bewirkt, während die Temperatur in den Canälen unterhalb der Fufsbodenplatten um etwa 8° höher ist. Für gewöhnlich wird hierbei im Saale eine Temperatur von etwa 15° R. erzielt. Um erforderlichen Falls auch vorgewärmte frische Luft in den Krankensaal einführen zu können, sind in seiner Mitte zwei tischartig ausgebildete, ummantelte Heizkörper (sog. Rippenelemente) angelegt, denen mittels unterirdischer Canäle von den beiden äufseren Langseiten des Saales her frische Aufsenluft zugeführt wird. Diese wird von je zwei den Fensterpfeilern vorgelegten und an den Einströmungsöffnungen mit Jalousieklappen verschliefsbaren Recipienten aufgenommen und vor dem Eintritt in den Saal an den Heizkörpern erwärmt. Die Frischluftcanäle sind an der Ausmündung im Saale mit einer zweiten dicht schliefsenden Klappe, aufserdem aber zur Reinigung der eingeführten Luft mit Gazefiltern ver-

sehen. Die seitlichen Wände der Isolirmäntel der beiden Heizkörper haben Thüren, bei deren Oeffnen den Kranken die Annehmlichkeit direct strahlender Wärme geboten werden kann. Durch vermehrte Dampfzuführung sind übrigens diese Heizkörper geeignet, bei besonders starker Aufsenkälte die Fufsbodenheizung des Krankensaales zu unterstützen. Zur Abführung der schlechten Luft ist aufser durch die bereits erwähnten Glasjalousieen in dem oberen Theil der Fenster durch eine Firstlüftung in ausgedehntem Mafse gesorgt. Zu diesem Zweck ist in der ganzen Länge des Saales und noch über den Querflur durchgehend im First des Daches ein aus Eisen construirter Dachreiter mit Wellblechbedachung aufgesetzt, der in seiner ganzen Länge mit inneren zweitheiligen wagerechten und äufseren lothrechten Klappen abgeschlossen ist. Von den einzelnen, 0,85 m langen und 0,40 m breiten Klappen aus Eisenblech ist je eine innere wagerechte, welche in der Deckenfläche des Saales liegt, mit der gegenüberliegenden äufseren lothrechten derart gekuppelt und gegeneinander abbalancirt, dafs jedes Klappenpaar durch eine leicht zu handhabende Zugvorrichtung vom Saale aus beliebig weit zu öffnen und zu schliefsen ist. In dem nebenstehenden Querschnitt durch den Firstventilator ist der Deutlichkeit wegen nur ein Klappenpaar dargestellt, und zwar in Abb. 2 in geöffnetem, in Abb. 3 in geschlossenem Zustande. Der Tageraum, der Aufwaschraum, der Abort und die Isolirzimmer werden durch Rippenelemente der Niederdruckdampfheizung mit Isolirmänteln erwärmt, welche in den letztgenannten Räumen innerhalb der Fensterbrüstungen angeordnet sind, und durch welche allen Räumen reine, vorgewärmte Aufsenluft zugeführt werden kann. In den Isolirzimmern sind im übrigen noch besondere Luftcanäle angelegt. In Verbindung mit der Dampfleitung zur Erwärmung des Badewassers ist im Aufwaschraum ein kleiner Wärmschrank zum Warmhalten von Speisen usw. aufgestellt. Sonstige Kocheinrichtungen, Gaskocher usw. sind in den Krankenpavillons, um etwaigen Mifsbräuchen vorzubeugen, für gewöhnlich nicht im Betriebe.


Abb. 2.
Querschnitt durch den Firstventilator.
Ein Klappenpaar geöffnet.

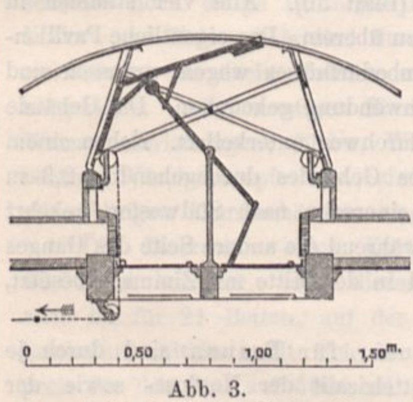


Abb. 3.
Querschnitt durch den Firstventilator.
Ein Klappenpaar geschlossen.

Als besondere Einrichtung ist noch zu erwähnen, dafs im Querflure ein sogenannter Wäschetrumpf angebracht ist, dessen aus Blech construirter Schacht mit dicht schliefsendem Deckel nach dem beständig gelüfteten Kellerflure hinabgeht und daselbst in einen verschlossenen Drahtkasten mündet, der die oben eingeworfene schmutzige Wäsche aufnimmt. Die letztere wird auf diese Weise schnell aus der Nähe der Krankenzimmer entfernt und von dem Keller aus unmittelbar nach aufsen und nach dem Waschhause geschafft.

Die Gebäude sind im Aeufseren schlicht, jedoch gediegen hergestellt, mit guten Rathenower rothen Steinen verblendet und durch Bänder von dunkel glasirten Steinen und gebrannten Thonplatten belebt. Die mit profilirten Sparrenköpfen und flachen Kastenrinnen versehenen Holzcementdächer stehen etwa 0,80 m über. Die Baukosten stellen sich für jeden Pavillon auf rund 56 000 ℳ, was für das Krankenbett rund 1700 ℳ ergiebt.

Die grofsen Isolirpavillons

Nr. 2, 5, 11, 21, 27, 35, 42, 48, 49, 51 und 55 des Lageplanes, für je 15 Krankenbetten haben eine ähnliche Grundform wie die grofsen Krankenpavillons und entsprechen diesen in ihrer Bauart wie inneren Einrichtung (vgl. Bl. 50). Der nordwestliche Kopfbau enthält an jeder Seite des 2,5 m breiten Eingangsflures je ein Bade- und ein Isolirzimmer. Der Querflur ist fortgelassen, und man gelangt unmittelbar vom Eingangsflure durch eine 2 m breite Schiebethür in den Krankensaal. Dieser ist 12,9 m lang und 8,5 m breit, besitzt also eine Grundfläche von 109,65 qm und einen Rauminhalt von 548,25 cbm, sodafs auf jedes der 14 Betten 39,16 cbm Luftraum entfallen. An jeder der beiden Langseiten sind vier Fenster angebracht, von denen die Hälfte mit Glasjalousieen versehen ist. Zur weiteren Lüftung dient auch hier ein über dem ganzen Saale durchgehender Dachreiter von derselben Construction wie in den grofsen Krankenpavillons. Auch in derselben Weise wie bei letzteren ist hier der Tageraum mit dem Krankensaal verbunden und ausgebildet. Zu beiden Seiten des Tageraumes ist einerseits der vom Saale aus zugängliche Abortraum mit dem Wäschetrumpf, anderseits das Spülzimmer angeordnet, welches hier jedoch nicht mit dem Tageraume, sondern mit dem Krankensaale in Verbindung gebracht ist. Abweichend vom grofsen Krankenpavillon ist bei den Isolirpavillons der südöstliche Kopfbau unterkellert. Das System der Heizungseinrichtungen stimmt mit demjenigen in den grofsen Krankenpavillons ganz überein. Die Baukosten haben rund 35 000 ℳ, also für das Krankenbett etwa 2330 ℳ betragen.

Die kleinen Isolirpavillons,

Nr. 10, 15, 32, 33, 34, 41, 47, 53, 54, 57 und 58 des Lageplanes und Bl. 50, mit je 6 Betten für gesondert zu beobachtende oder mit besonders ansteckenden Krankheiten behaftete Kranke, haben eine von den übrigen Pavillons abweichende Grundform. An einen nahezu quadratischen Mittelbau schliefsen sich zu beiden Seiten kleinere Anbauten an, von denen der südwestliche nur den Eingangsflur enthält. Von dem Eingange, dem eine Rampe vorgelegt ist, gelangt man zunächst in einen Baderaum, der zugleich den Vorraum für die beiden Krankenzimmer des Pavillons bildet. Das gröfsere von diesen mit etwa 166 cbm Rauminhalt ist für 4 Betten bestimmt, das kleinere, 87 cbm umfassend, für 2 Betten. Beide Krankenzimmer sind nicht unmittelbar durch Thüren verbunden, besitzen aber Ausgänge nach einem gemeinschaftlichen Gange in dem zweiten Anbau, in dem sich noch ein Abort und ein GeräthERAum befinden. Der gut ge-

lüftete Gang enthält aufser einem Ausgufsbecken mit Wasserzapfhahn in der Brüstung eines Fensters einen Einwurf für schmutzige Wäsche, durch welchen diese in einen aufserhalb des Gebäudes angebrachten verschlossenen Drahtkasten mit überstehendem Wellblechdach fällt. Das kleine Krankenzimmer besitzt eine Ausgangsthür ins Freie, vor der, symmetrisch zum Haupteingang, eine Rampe vorgelegt ist.

Die Einrichtung der Krankenzimmer ist im wesentlichen dieselbe wie in den grofsen Krankenpavillons. Nur sind die Wände mit Cement verputzt und auf eine Höhe von 1,5 m mit glasirten Wandplatten verkleidet. Der Kostenersparnifs wegen ist von einer Centralheizung abgesehen und Ofenheizung mit Luftzuführung eingerichtet; zugleich ist auch hier die Lüftung durch Jalousieen in den Fenstern und Dachreiter im Dachfirst vorgesehen. Die Krankenzimmer haben Holzfufsboden über einer Cementconcretschicht, die übrigen Räume Marmor-Terrazzoböden erhalten. Eine Unterkellerung dieser Pavillons hat nicht stattgefunden. Die Baukosten stellen sich auf rund 14 000 ℳ, also für das Bett auf rund 2330 ℳ.

Als Abweichungen von den vorbeschriebenen drei Hauptarten von Krankengebäuden sind ferner zu erwähnen innerhalb der Frauenabtheilung zwei

Zweigeschossige Pavillons (Blatt 51),

von denen der eine (Nr. 9 des Lageplanes), der chirurgischen Abtheilung angehörend, für augenkranke Frauen und Kinder, der andere (Nr. 24 des Lageplanes) in der medicinischen Abtheilung für Kinder bestimmt ist. Diese Pavillons mit je 72 Krankenbetten entsprechen in der Grundrifsanordnung sowie in ihrer Bauart den grofsen eingeschossigen Pavillons zu 33 Betten; nur der nordwestliche, hier unterkellerte Kopfbau besitzt eine gröfsere Ausdehnung. Er enthält im Erdgeschofs links vom Eingangsflur ein Operationszimmer, gleichzeitig Zimmer für den Oberarzt, ein Vorzimmer, ein Apparatenzimmer und eine Stube für die Oberwärterin, rechts ein Krankenzimmer für 4 Betten, daneben das Treppenhaus mit breiter massiver Treppe zum Obergeschofs und einer äufseren Eingangsthür, ferner einen Magazin- und einen Abortraum, in dem eine transportable Badewanne aufgestellt ist. Diese Räume sind von dem für 30 Betten bestimmten grofsen Krankensaale des Mittelbaues wieder durch den Lüftungsflur getrennt. Im übrigen sind der Tageraum, das Badezimmer, der Aufwasch- und Abortraum wie in den grofsen eingeschossigen Pavillons angeordnet und wie dort ausgestattet.

Das obere Stockwerk hat dieselbe Grundrifsgestaltung wie das Erdgeschofs, nur ist der über dem Operationszimmer liegende Raum als Krankenzimmer bestimmt. Der Krankensaal und das Bad im Erdgeschofs haben Fufsbodenheizung erhalten, dagegen sind anstatt der nicht anzubringenden Firstlüftung hier in den Ecken und Fensterpfeilern des Saales Luftabzugscanäle angeordnet. Der obere Saal, ebenfalls für 30 Betten, wird, wie alle übrigen Räume, mittels Niederdruck-Dampfheizkörper in den Fensterbrüstungen, verbunden mit Zuführung frischer Aufsenluft, erwärmt. In den Krankensälen sind aufserdem die beiden tischartig ausgebildeten Heizkörper zur Zuführung vorgewärmter frischer Luft inmitten des Raumes aufgestellt. Das Erdgeschofs ist durchweg überwölbt, während die Decken des Obergeschosses durch das flache Holzcementdach gebildet werden. Es konnte daher im oberen Krankensaale, der, wie der untere, Terrazzofufsboden erhalten hat, eine Firstlüftung eingerichtet werden. In den Lüftungsfluren beider Geschosse sind Wäschetrümpfe zur Beförderung der schmutzigen Wäsche nach dem Keller angebracht. Der unterkellerte Kopf des Gebäudes enthält Räume für Heizung, Kohlen, den Heizer, sowie Kleider- und Geräthekammern. Für den Fall einer Feuersgefahr ist an der Aufsenfront des südöstlichen Kopfbaues eine vom Vorraum des Aborts im Obergeschofs herabführende eiserne Nothtreppe angebracht. Die Baukosten haben 108 000 ℳ betragen; die Kosten für das Krankenbett stellen sich demnach auf rund 1500 ℳ.

Eine ganz gleiche Grundrifseintheilung wie die beiden vorgenannten Pavillons haben die beiden

Grofsen eingeschossigen Pavillons

Nr. 4 des Lageplanes in der chirurgischen Frauen-Abtheilung, für Kinder bestimmt, und Nr. 17 in der chirurgischen Männer-Abtheilung, für augenkranke Männer erbaut. Das Treppenhaus ist hier, der eingeschossigen Anlage wegen, fortgefallen, und an seiner Stelle ein Krankenzimmer eingerichtet. Die sonstige Construction und innere Einrichtung entspricht derjenigen der vorigen Pavillons. Auf jedes der 36 Krankenbetten entfällt bei einer Bausumme von rund 69 000 ℳ ein Einheitspreis von 1916 ℳ.

Zur Aufnahme von Kranken aus den besseren Ständen, welche je nach den zu entrichtenden Verpflegungskosten ein Zimmer für sich allein beanspruchen oder dasselbe mit einem oder mehreren anderen Kranken theilen, sind vier sogenannte

Kostgängerhäuser

(Nr. 6, 16, 23 und 36 des Lageplanes) errichtet, und zwar je eins für Männer und Frauen der chirurgischen und medicinischen Abtheilung (Blatt 50). Alle vier stimmen in der Grundrifsbildung nahezu überein. Das eigentliche Pavillonsystem ist hier des Raumbedürfnisses wegen verlassen und das Corridorsystem zur Anwendung gekommen. Die Gebäude sind zweigeschossig und durchweg unterkellert. Neben einem in der ganzen Länge des Gebäudes durchgehenden 2,3 m breiten Flurgange liegen einerseits nach Südwesten gekehrt fast nur Krankenzimmer, während die andere Seite des Ganges nur an beiden Enden und in der Mitte mit Zimmern besetzt, sonst aber frei ist.

Die Kostgängerhäuser für Frauen sind durch je eine Eingangsthür im Mittelrisalit der Nordost- sowie der Südwestfront, wo das Haupttreppenhaus liegt, zugänglich. Im Erdgeschofs befinden sich an der südwestlichen Seite des Ganges 3 Krankenzimmer zu je 2 Betten, 3 solche zu je 1 Bett und 1 Wärterzimmer, an der nordöstlichen Seite, und zwar im Mittelrisalit, ein Zimmer für die Oberwärterin, der Haupteingangsflur, ein Aufwaschraum und ein Abort, im nordwestlichen Endrisalit ein Badezimmer und ein Abortraum. Die beiden Zimmer des südöstlichen Endrisalits zu beiden Seiten des Flurganges bilden die Wohnung eines unverheiratheten Hülfsarztes, die gegen die Krankenzimmer durch eine Glaswand abgeschlossen ist und durch einen Windfangvorbau an der betreffenden Giebelfront einen besonderen Zugang von aufsen erhalten hat. In dem vorgenannten Vorbau befindet sich eine kleine Nebentreppe zum Keller und zu dem daselbst belegenen, zur Wohnung gehörigen Bade- und Abortraume. Das obere Geschofs ist nur durch die Haupt-

treppe zugänglich und enthält an der Südwestfront 4 Krankenzimmer für je 4 Betten, 2 Zimmer für je 1 Bett, ein Wärter- und ein Magazinzimmer, in den Endrisaliten der Rückfront je einen Bade- und Abortraum und endlich im Mittelrisalit daselbst ein Conversations- und Vorzimmer. Das Dach des Windfangvorbaues ist als Altan eingerichtet und vom Flurgange aus zugänglich gemacht. Im Keller sind Räume für Centralheizung und Feuerung, ein Aufenthaltsraum für den Heizer, ein Depot und eine Kammer für schmutzige Wäsche, ein verfügbarer Geräteraum und einige unmittelbar von aufsen zugängliche Wohnräume für Dienstpersonal untergebracht.

In den Kostgängerhäusern für Männer sind an Stelle der vorerwähnten Wohnung für einen Assistenzarzt eine Wohnstube, ein Magazinraum und ein Abort für einen Unterinspector vorgesehen. Neben der Wohnstube liegt noch ein Amtszimmer für diesen Beamten. Im Mittelbau befindet sich hier nur ein Eingang an der Hauptfront, und diesem gegenüber sind in dem Anbau 2 Zimmer zu je einem Bett und ein Spülzimmer angeordnet.

Die innere Einrichtung der Krankenzimmer ist dieselbe wie in allen sonstigen Isolirzimmern, doch sind die Fufsböden ebenso wie in den Conversations- und Wohnzimmern aus Holz hergestellt, während alle Nebenräume und Flure Terrazzofufsboden erhalten haben. Auch werden die Räume nicht durch Fufsbodenheizung, sondern einschliefslich des Flurganges mittels Heizkörper einer Niederdruck-Dampfheizung erwärmt. Die letzteren sind in den Fensterleibungen aufgestellt und mit Einrichtungen zur Zuführung frischer Aufsenluft versehen. Zur Lüftung der Zimmer dienen Abzugscanäle in den Innenmauern und Glasjalousieen in den oberen Fensterflügeln; aufserdem sind über dem Flurgange des oberen Geschosses noch einige Lüftungs-Dachreiter angebracht. Das Keller- und Erdgeschofs sind durchweg überwölbt, im Obergeschofs ist das flache Holzcementdach gleichzeitig als Decke ausgebildet. Alle sonstigen Einrichtungen, wie Kalt- und Warmwasserleitungen, Bäder, Waschtische, Aufwasch-Spülbecken, Wäschetrümpfe usw., sind in gleicher Weise wie in allen übrigen Krankenhäusern eingerichtet.

Die Baukosten eines Kostgängerhauses haben rund 98 000 ℳ betragen. Jedes dieser Gebäude auf der Männerseite ist für 21 Betten, auf der Frauenseite für 18 Betten bestimmt; mithin stellt sich der durchschnittliche Einheitspreis für das Bett auf 5000 ℳ.

Als besondere Art von Krankengebäuden ist noch das

Delirantenhaus

(Nr. 46 des Lageplans) zu erwähnen, das, von einem hohen Eisengitter eingeschlossen, seitwärts von der Männerabtheilung liegt. Das Gebäude (Blatt 51) hat einen T förmigen Grundrifs, dessen vorderer Querbau zweigeschossig ist, während der sich in der Mitte rechtwinklig anschliefsende Flügel nur ein Geschofs besitzt. In dem Mittelrisalit des zweigeschossigen Hauptbaues, wo sich auch die Treppe befindet, liegt unter dem Absatz der letzteren der Haupteingang. Ihm zu Seiten sind je ein Krankensaal für sechs Betten und ein kleineres Zimmer — rechts ein Wärterzimmer, links ein Badezimmer — angeordnet. Diese Räume sind von einem durch die ganze Breite des Hauptbaues gehenden Flurgange zugänglich, ebenso wie einige an dessen anderer Längsseite anstofsende Räume: ein Abortraum, ein Spülzimmer, ein Kleider- und ein Wäschemagazin. Die Fenster der Krankenzimmer sind mit engmaschigen Drahtgittern geschützt und nur mittels Dornschlüssels zu öffnen. Ebenso können die Heizungs- und Lüftungsvorrichtungen nur vom Wärterpersonal gestellt werden. Die Beleuchtung der Räume geschieht durch Glühlampen, die über Thürhöhe in Nischen der Flurwand angebracht und durch starke Spiegelglasscheiben gegen den Raum abgeschlossen sind.

Im oberen, für Genesende bestimmten Geschosse liegt vor dem Treppenhause ein Tageraum, von dem alle übrigen Räume daselbst zugänglich sind, rechts ein Krankensaal für acht Betten, daneben ein Isolirzimmer für bemittelte oder zweifelhafte Kranke und ein Wärterzimmer, links symmetrisch ein gleich grofser Krankensaal, ein Badezimmer und ein Abort. Die nach Südosten gelegene Frontwand des Tageraumes ist ganz in Glas hergestellt. Zur Lüftung dieser oberen Krankensäle sind im Holzcementdache bezw. in der Decke Dachreiter mit Lüftungsklappen angebracht.

Der Mittelgang des eingeschossigen Flügels ist am Giebel durch eine äufsere Eingangsthür zugänglich, welche jedoch für gewöhnlich geschlossen gehalten wird. An den Gang schliefsen sich zu beiden Seiten je drei Tobzellen von 3,5 m × 2,85 m = 9,98 qm Grundfläche an. Bei ihrer Herstellung waren vorspringende Ecken und Kanten zu vermeiden. Die besonders starken Thüren mit Beobachtungslöchern liegen daher in der inneren Mauerflucht und bilden mit dieser eine glatte, ebene Fläche. Vor ihnen ist im Gange zur Abhaltung des Lärms noch eine zweite Schallthür angebracht. Die mit Glasjalousieen versehenen Fenster liegen etwa 3 m über dem Fufsboden und sind nur von aufsen zu öffnen.

Die Heizkörper der auch alle übrigen Räume des Gebäudes erwärmenden Niederdruck-Dampfheizung sind hier in den Ecken aufgestellt und mittels 3 m hoher, schräg gestellter Rabitz-Wände geschützt, die zum Oeffnen eingerichtet sind, sonst aber mit ihrem Eisenrahmen glatt an die Mauerflächen anschliefsen. Die Zimmerluft circulirt durch die Schlitzöffnungen eines im untern Theil der Rabitz-Wand eingesetzten starken Blechs und die obere freie Oeffnung. Aufser den erwähnten Glasjalousieen dienen zur Lüftung der Tobzellen noch Abzugscanäle in den Wänden und die über den Thüren angebrachten, um eine wagerechte Achse drehbaren und vom Flur aus zu stellenden grofsen Klappen, welche infolge des über dem Flure in ganzer Länge desselben befindlichen Dachreiters besonders wirksam sind.

Die Fufsböden der Zellen sind aus geölten und getheerten Brettern hergestellt. Ebenso haben die sämtlichen übrigen Zimmer des Erdgeschosses und 1. Stockwerks Holzfufsböden erhalten, während in den Fluren, Aborten und Badestuben Terrazzofufsboden vorhanden ist. Das Gebäude ist nur unter und neben der Treppe unterkellert, um daselbst die Heizkammer für die Centralheizung, einen Feuerungs- und Geräteraum zu schaffen. Die Baukosten haben rund 61 000 ℳ betragen.

Die zu der

Epidemie-Abtheilung

gehörigen, bereits im Jahre 1884 erbauten massiven Pavillons weichen von den obenbeschriebenen Normal-Pavillons nur

ganz unwesentlich ab. Die Holzbaracken daselbst sind aus leicht auseinandernehmbarem Stielwerk construirt, das mit Brettern an den Aufsenwänden und auf dem Dache verschalt ist. Letzteres ist mit getränkter Leinwand eingedeckt und mit einer dünnen Kiesschicht bestreut. Der rechteckige Grundrifs von 7 m Breite und 21,5 m Länge enthält einen gröfseren Krankensaal für 20 Betten, der an drei Seiten frei liegt und an der vierten, schmalen Seite seinen Hauptzugang von einem Flure aus erhält. Zu beiden Seiten des letzteren sind ein kleines Wärter- und ein Spülzimmer einerseits, ein Isolirzimmer bezw. Magazin- und ein Abortraum anderseits angeordnet. Der Saal hat an jeder Langseite 4 Fenster mit Lüftungseinrichtung, an der freien Giebelseite eine grofse zweiflüglige Ausgangsthür ins Freie und in ganzer Länge des Dachfirstes einen Dachreiter mit einfachen Luft-Klappen. Der Cementfufsboden der Baracke liegt etwa 0,25 m über Erdboden. Die Heizung der Räume wird erforderlichenfalls durch eiserne Regulir-Füllöfen bewirkt.

Einige Baracken sind neuerdings auch auf der Innenseite der Aufsenwände mit Brettern verschalt und dadurch für rauhere Jahreszeit verwendbarer gemacht worden.

Hiermit sind alle Gebäude aufgeführt, welche zur Unterbringung von Kranken bestimmt sind, und es folgen nun zunächst diejenigen, welche für besondere ärztliche Zwecke errichtet sind, jedoch allen Krankenabtheilungen zugleich dienen. Zu diesen gehört das

Operationshaus

(Nr. 22 des Lageplans), in der Mittelachse des ganzen Anstaltsgrundstückes und in der ersten Reihe der chirurgischen Abtheilung gelegen. Dasselbe (Blatt 52) ist zweigeschossig und ganz unterkellert. Der Eingang befindet sich an der nordwestlichen Giebelseite, wo eine Auffahrtsrampe für den bequemen Transport der Kranken zum hoch gelegenen Erdgeschofs emporführt. Ein Mittelflur geht durch die ganze Tiefe des Gebäudes und enthält an dem dem Haupteingang gegenüberliegenden Ende die Treppe und einen zweiten Eingang von aufsen. Links vom Flur liegen im Erdgeschofs ein gröfserer Operationssaal mit anstofsendem Instrumentenraum und ein Verbandmagazin, rechts ein kleinerer Operationssaal mit Vorzimmer, sodann zwei Wartezimmer und ein Gipszimmer. Im oberen Stock befinden sich aufser einem Warte- und Sprechzimmer des Oberarztes nur noch Magazin- und Fabricationsräume für Verbandstoffe. Vor beiden Operationszimmern legen sich Glasvorbauten vor in der Form eines halben Achtecks, welche mit Doppelfenstern und doppeltem Glasdach versehen sind. Wände und Decken der Operationszimmer, wie auch der Instrumentenraum und das Vorzimmer, sind mit glasirten Mettlacher Steinen verblendet.

Für die Operationssäle ist Fufsbodenheizung, wie in den Krankenpavillons, vorgesehen, aufserdem aber auch eine Art Wandheizung, indem der untere Theil der Aufsenwände und die Glasvorbauten bis Brüstungshöhe durch regulirbare Dampfheizungsröhren erwärmt werden, welche gegen die Zimmer durch Milchglasplatten, deren Fugen mit Kautschukreifen gedichtet sind, abgeschlossen werden. Hierdurch kann eine ziemlich gleichmäfsige, hohe Temperatur bis zu 30° C. erreicht werden. In den Operationssälen und den Nebenräumen sind in reichlicher Anzahl grofse Waschtische mit Warm- und Kaltwasserleitung vorgesehen, deren Gestelle aus Eisen und deren Platten aus Glas bestehen. Die Terrazzofufsböden daselbst sind mit leichtem Gefälle angelegt und haben Sielanschlüsse mit doppelten Wasserverschlüssen. Letztere werden durch besondere über Dach geführte Rohrleitungen entlüftet. Alle übrigen Räume des Erdgeschosses und die Räume des oberen Geschosses sind ebenfalls mit Terrazzofufsböden versehen, mit Ausnahme des Warte- und Sprechzimmers des Oberarztes, welche Holzfufsboden besitzen. Die Erwärmung aller Räume erfolgt durch eine Niederdruck-Dampfheizung in derselben Weise, wie z. B. bei den Kostgängerhäusern. Auch die Lüftung ist dieselbe wie dort. Der Keller enthält aufser der Heizkammer und den Feuerungs- und Gerätheräumen noch ein Badezimmer mit vertieftem Bassin zur Benutzung für die Assistenzärzte vor den Operationen, einen Abortraum sowie zwei Wohnstuben für Aufseher und eine gemeinschaftliche Wohnstube für vier Arbeiter. Keller- und Erdgeschofs sind durchweg mit Steindecken versehen, während im Obergeschofs das Holzcementdach zugleich die Decke bildet. Die Baukosten belaufen sich auf 92000 ℳ.

Ebenfalls in der Achse der Hauptstrafse, inmitten der medicinischen Abtheilung liegt das

Badehaus

(Nr. 50 des Lageplans). In demselben (Blatt 52) sind Einrichtungen für besondere Bäder der verschiedensten Art, als römisches, Dampf-, elektrisches Bad, Douchen, Wasserbetten sowie Bäder für sonstige medicinische Zwecke vorhanden. Das Gebäude ist zweigeschossig und nur zum Theil unterkellert. Es besitzt zwei Haupteingänge, je einen an jeder Seitenfront, die durch einen mittleren Querflur verbunden sind, und neben denen je eine Treppe nach dem oberen Geschofs liegt. Das Erdgeschofs enthält auf der einen Seite des Mittelflurs, und zwar an der südöstlichen Hauptfront, ein elektrisches Bad, bei dem durch das als Stromleiter dienende Wasser eine vollkommene Elektrisirung der ganzen eingetauchten Körperfläche bezweckt wird, ferner ein Wärterinnenzimmer, ein Wannenbad für Beamte, einen Magazinraum, ein Zimmer für den Bademeister und ein Wartezimmer. An der anderen Seite des Flures befinden sich die Räume des römischen und Dampf-Bades. Zu ihnen gelangt man nur durch das Frigidarium, das zum Aus- und Ankleiden und zur Ruhe nach dem Bade bestimmt ist. Ein Theil des Frigidariums dient als Massirraum. Von diesem gelangt man in das Tepidarium und weiter in das Sudatorium und in das Lavacrum, welcher letztere Raum auch mit dem Frigidarium unmittelbar durch eine Thür verbunden ist, ebenso wie der auf das Lavacrum folgende Dampfbaderaum. Tepidarium und Sudatorium (römisch-irisches Bad) können mittels einer Fufsbodenheizung und der frei an den Aufsenwänden herumgeführten Dampfheizröhren, welche die unmittelbar von aufsen zugeführte frische Luft vorwärmen, auf 45 bezw. 60° C. erwärmt werden, während der Abzug der schlechten Luft durch einfache Wandcanäle stattfindet. Das Lavacrum ist mit zwei Kopf- und Seitenbrausen, zwei Strahldouchen, einer Unterregen- und einer Capellendouche, welche sämtlich innerhalb gewisser Grenzen temperirt werden können, versehen. Im Dampfbaderaum sind einige Schwitzstühle mit zwei Geschossen (in Höhen von 0,65 m bezw. 1,27 m) auf-

gestellt und eine Strahl- sowie eine Dampfdouche angebracht. In einer Wandnische, die von einer oben und unten durchbrochenen Eisenplatte abgeschlossen ist, befindet sich ein Niederdruck-Dampfheizregister, das die von aufsen zugeführte frische Luft erwärmt und das über demselben in einem doppelwandigen Kupfergefäfs von 20 Ltr. Inhalt befindliche Wasser zum Verdampfen bringt. Die Räume des Frigidariums, des Lavacrums und des Dampfbades werden durch einen gemeinsamen Saugeschacht entlüftet, in dem das gufseiserne Rauchrohr der Centralheizung den Auftrieb bewirkt. Die Bäder, Douchen und sämtliche Waschtische erhalten ihr Wasser aus Heifs- und Kalt-Wasserbehältern von je 1,5 cbm Inhalt, die im oberen Geschosse untergebracht sind. Das letztere ist zur Trennung der Geschlechter in zwei gleiche Theile getheilt, welche durch zwei Treppen getrennt zugänglich sind. Beide Abtheilungen enthalten die gleichen Räume, und zwar an der südöstlichen Front je eine Spülkammer, eine Theeküche, ein medicinisches Bad für Männer bezw. Frauen und ein Wärterzimmer, auf der gegenüberliegenden Seite des Mittelflures je einen gröfseren, mit Dachreitern versehenen Raum für vier Wasserbetten oder permanente Bäder. Die Badewannen, welche etwa 900 l Wasser fassen, sind nach Monierschem System hergestellt und an den Innenseiten mit glasirten Mettlacher Platten verkleidet, ferner mit Ueberlaufrohr, einer verschliefsbaren Abflufsöffnung am Boden und einem Zuflufsrohr versehen, durch welches fortwährend frisches Wasser — gewöhnlich 150 l in der Stunde — von stets gleichmäfsiger Temperatur zufliefst. Zur Bereitung warmen Wassers für die Wasserbetten dient ein im Keller aufgestellter Warmwasserkessel, dessen Feuerung durch einen selbstthätigen Zugregulator nach dem System Bechem & Post so regulirt wird, dafs das Wasser stets auf 30° erwärmt gehalten wird. Dasselbe wird im oberen Geschosse einem Warmwasserbehälter zugeführt, welcher mit einem elektrischen Läute-Apparat versehen ist. Dieser zeigt jede übermäfsige Erwärmung des Wassers sofort an. Vor dem Eintritt in die Badewannen wird das Wasser der Kalt- und Warm-Leitungen durch Mischgefäfse beliebig temperirt. Die Holzgestelle der Wasserbetten sind mit Segeltuch überspannt und mit Stellvorrichtungen an den Füfsen und schrägen Kopfstücken, sowie an den Fufsbrettern zur Anpassung an die Körperlänge versehen. Ferner haben sie an dem oberen und unteren Ende zwei Bügel, die durch eine Messingstange verbunden sind. An dieser werden die Bahren mittels zweier Drahtseile, die über Rollen an der Decke und weiter nach einer an der Giebelwand angebrachten Windevorrichtung gehen, auf- und niedergewunden. Dem Kranken dienen polirte Bretter, welche über den unteren Theil der Wanne gedeckt werden, als Tisch. Auf dem Flure des oberen Geschosses sind, wie im Erdgeschofs, zwei Wäschetrümpfe angebracht. Die Aborte befinden sich unter den Treppenabsätzen im Erdgeschofs. Der durch eine äufsere Treppe zugängliche Keller enthält eine Heizerstube, einen Kohlenraum und einen Heizraum, in welchem der Warmwasserkessel für die permanenten Bäder und der Kessel für die in allen Räumen angebrachte Niederdruck-Dampfheizung aufgestellt sind. Alle Baderäume des Gebäudes sind in den unteren Wandflächen mit glasirten Mettlacher Platten verkleidet, und zwar im Sudatorium und Tepidarium bis auf 2,10 m Höhe, im Lavacrum und Dampfbad bis zur Decke, in den übrigen Räumen bis auf 1,70 m Höhe. Sämtliche Räume des Erdgeschosses sind überwölbt, während in den oberen Räumen die Decken durch das Holzcementdach gebildet werden.

Das Aeufsere dieses Gebäudes ist ebenso wie dasjenige aller anderen in einfachem Backsteinrohbau nach der bei den Krankengebäuden beschriebenen Art ausgebildet. Die Baukosten haben rund 62500 ℳ betragen, wozu die Kosten für Heizung, mechanische Einrichtung der Bäder und die mit dem Gebäude fest verbundenen Inventarien, wie Wasserbetten usw., im Betrage von 22000 ℳ hinzukommen.

Das Leichenhaus

(Nr. 59 des Lageplans) ist ringsum von einem durch eine hohe Einfriedigungsmauer abgeschlossenen Hofe umgeben, der durch eine Quermauer wieder in zwei Theile, einen Hof für die Anatomie und einen Hof für die Leichenhalle, getheilt ist. Letzterer ist unmittelbar von der Frickestrafse durch eine Eingangsthür in der äufseren Einfriedigungsmauer der Anstalt zugänglich.

Die Leichenhalle mit ihren Nebenräumen im südöstlichen Kopfbau des Gebäudes (Blatt 52) bildet einen besonderen Theil des letzteren und besteht aus einer Capelle zur Abhaltung von Trauerfeierlichkeiten, für das Publicum nur von dem vorderen Hof bezw. der Frickestrafse aus zugänglich. Neben der Capelle liegen einerseits ein Zimmer für den Geistlichen mit besonderem Eingangsflur, anderseits Aborträume für Männer und Frauen und ein Eingangsflur zu dem hinter der Capelle befindlichen und mit dieser durch eine Thür verbundenen Warteraum für Leidtragende, welcher gleichzeitig auch mit dem anstofsenden Leichen-Ausstellungsraum in Verbindung steht. Von dem letzteren führt eine Thür mit vorgelegter Rampe nach dem Mittelgange des Kellergeschosses im hinteren, für die Anatomie bestimmten Theil des Gebäudes. Während der erstere Theil nämlich nur eingeschossig und nicht unterkellert ist und mit seinem Fufsboden nur einige Stufen über dem Erdboden liegt, besitzt die Anatomie ein etwa 0,8 m in die Erde einschneidendes, durchweg überwölbtes Kellergeschofs und ein Erdgeschofs, deren Räume zu beiden Seiten eines mittleren Längsganges angeordnet sind. Den äufseren Zugang zum Keller vermittelt eine Rampe vor der Thür der nordwestlichen Giebelfront, am Ende des Ganges. Zu beiden Seiten des letzteren liegen zunächst links die Leichenkammer mit Schieferpritschen, Irrigationsvorrichtungen und einem Aufzug nach dem darüber befindlichen Secirsaal, rechts der Einkleide- und Arbeitsraum. An diese Räume des nordwestlichen Kopfbaues schliefsen sich in dem mittleren Langbau weiter an: Links eine kleine Verbindungstreppe mit dem Erdgeschofs, ein Sargmagazin, ein Abort, Kohlenraum und ein Stall für Versuchsthiere. Die Reihe dieser Räume wird mehrfach unterbrochen durch vier Stichflure, deren Fenster stets geöffnete, feststehende Jalousieen erhalten haben, sodafs im Mittelgange ein fortwährender Luftzug stattfindet. Rechts vom Gange liegen drei Stuben für Aufseher, Leichenwärter und Heizer und ein Desinfectionsraum. Diese Räume sind sämtlich auch von drei gleichmäfsig vertheilten Stichfluren aus zugäng-

lich, welche Eingangsthüren in der südwestlichen Frontwand besitzen.

Alle Keller sind mit Cementfufsböden und gewölbten Decken versehen. Das Erdgeschofs enthält aufser der bereits erwähnten Capelle mit ihren Nebenräumen noch eine Reihe von Zimmern für anatomische und hiermit zusammenhängende wissenschsftliche Zwecke, und zwar zunächst im nordwestlichen Kopfbau einen grofsen Secirsaal von 5 m Höhe, dessen Giebelfrontwand im mittleren Theil als Glaswand ausgebildet ist, und welcher aufserdem noch durch acht grofse, bis unter die Decke des Raumes reichende Fenster eine sehr reichliche Lichtzufuhr erhält. Der Terrazzofufsboden ist mit Gefälle verlegt und mit Abflufs versehen und kann daher ebenso wie die auf etwa 2 m Höhe mit weifsen Glasursteinen verblendeten Wände mit Wasser abgespült werden. Die aus einem Eisengestell mit vertiefter Eichenholzplatte bestehenden Secirtische sind mit Spritzschlauch und unmittelbarer Abflufsleitung versehen, die zunächst in einen Behälter mündet, in dem die Abflüsse vor dem Eintritt in das Siel desinficirt werden. Im übrigen sind mehrere Waschtische mit Eisengestell, Glasplatte und Porcellanschalen, sowie Spülvorrichtungen vorhanden, die ebenfalls Wasser-Zu- und Abflufsleitung besitzen. Zur Lüftung des Saales dienen Wandcanäle, ferner Glasjalousieen in den oberen Theilen sämtlicher Fenster und ein im First des Daches angebrachter, langer Dachreiter, ähnlich wie in den Krankenpavillons. Die Beheizung des Secirsaales erfolgt, ebenso wie bei allen übrigen Räumen des Leichenhauses, mittels Kachelöfen mit Luftcirculation, da auf ausdrücklichen Wunsch der Aerzte von einer Centralheizung hier abgesehen worden ist.

Der Mittelbau des Gebäudes wird von einem mittleren Längsflur durchschnitten, an dessen Enden seitwärts sich zwei von der Südwestfront zugängliche, durch Glaswände abgeschlossene Eingangsflure befinden. Zu beiden Seiten des durch einen Dachreiter erleuchteten und gelüfteten Flurganges liegen an der Nordostfront neben dem Secirsaal ein kleines Vorzimmer nebst der erwähnten Verbindungstreppe mit dem Keller, die aufwärts bis zu dem über dem Flur angelegten Raume für Wasserbehälter führt. Es folgen dann zwei grofse, gut beleuchtete Mikroskopirsäle für Ober- und Assistenzärzte und ein Garderoberaum mit Waschtisch. An der Südwestfront befinden sich zwischen den beiden Eingangsfluren ein Abort, ein Zimmer für den Prosector und drei als chemisches, bakteriologisches und physicalisches Laboratorium eingerichtete Räume. Alle Zimmer des Mittelbaues haben Holzfufsboden, die erwähnte Ofenheizung und eine Lüftung sowohl durch Glasjalousieen wie durch Drehklappen in der Flurwand oberhalb der Thüren erhalten. Die Decken werden auch hier in der üblichen Weise durch das Holzcementdach gebildet.

Das Aeufsere des Gebäudes stimmt mit demjenigen der bisher beschriebenen Gebäude überein, nur der die Capelle mit ihren Nebenräumen enthaltende Kopfbau ist mit Schieferdach und einem massiven Hauptgesims aus Ziegeln versehen. Die Baukosten haben 97000 ℳ betragen.

Es bleibt noch zu erwähnen das kleine Desinfectionsgebäude der Epidemie-Abtheilung (Nr. 72 des Lageplanes), welches nur 2 Räume und einen 15 m hohen, besteigbaren Schornstein enthält (Blatt 51). In dem gröfseren Raume sind zwei gemauerte Wichhorstsche Trocken-Desinfectionsöfen aufgestellt, welche durch ein Perkinssches Heizsystem auf 150° C. erhitzt werden können. Aufserdem ist daselbst noch ein 3,2 m langer, 2 m breiter und 1,7 m hoher Ofen vorhanden zur Verbrennung von inficirten Verband- und Inventartheilen und von Auswurfstoffen epidemischer Kranken. Mit dem eigentlichen Desinfectionsraume ist durch eine Thür verbunden ein kleinerer, wenig benutzter Raum zum Kochen und Spülen inficirter Wäsche. Das Gebäude ist in einfachster Weise in Backsteinrohbau errichtet und mit Holzcementdach überdeckt.

Als ein ferneres, den allgemeinen medicinischen Zwecken dienendes Bauwerk sei hier vorweg das zur Oekonomie-Abtheilung gehörige Eishaus (Nr. 65 des Lageplanes) angeführt. Dasselbe (Blatt 51) enthält einen gröfseren Eisraum für den Jahresbedarf und zu beiden Seiten des schmalen Eingangsraumes je einen Raum für Mund-Eis und zum Aufbewahren für Fleisch. An den Innenseiten der massiven Umfassungswände sind doppelte Holzwände mit Torfausfüllung hergestellt. Die Holzdecke der Eisbehälter ist zwischen doppelter Schalung ebenfalls mit Torf ausgefüllt und mit Stroh überdeckt, während der Fufsboden mit Lattenrost und Sielanschlufs versehen ist. Ueber den Eisbehältern ist noch ein freier, niedriger Raum zur Isolirung hergestellt. Das Gebäude hat ein Holzcementdach erhalten; seine Kosten belaufen sich auf 13000 ℳ.

(Schlufs folgt.)

Gewölbte Brücken in Coepenick.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 56 und 57 im Atlas.)

1. Einleitung.

Die Stadt Coepenick, ein gewerbfleifsiger Vorort Berlins, liegt 10 km östlich von der Hauptstadt an der Einmündungsstelle der Dahme in die Spree (vgl. den Lageplan, Abb. 8, Bl. 57). Die hölzernen Brücken, welche von der den Kern der Stadt bildenden Landzunge zwischen beiden Flüssen über die Dahme und die Spree führten, Lange Brücke und Dammbrücke genannt, waren beide baufällig und genügten nicht mehr dem sehr stark gewordenen Landverkehr, den insbesondere die häufigen Unterbrechungen durch das Oeffnen des Schiffsdurchlasses sehr störten. Sie waren auch der Grofsschiffahrt hinderlich, indem ihre Durchfahrtöffnungen schmaler waren, als die Schleusen und Brücken des neuen Oder-Spree-Canals. Diese Umstände machten den Neubau beider Brücken in veränderter, den Bedürfnissen der Gegenwart und der nächsten Zukunft genügender Form nothwendig.

Zuerst konnte mit dem Neubau der fiscalischen Langen Brücke begonnen werden, für welchen die erste Baurate im Rechnungsjahr 1890/91 bewilligt wurde. Die Dammbrücke gehört der Stadtgemeinde Coepenick, und diese erbat zuerst eine staatliche Beihülfe zu dem Neubau. Die weiteren Verhandlungen führten jedoch dazu, dafs die Wasserbauverwaltung die Bauaus-

führung übernommen hat und nach deren Vollendung das fertige Bauwerk der Stadt zur ferneren Unterhaltung übergiebt. Die Stadtgemeinde trägt die vollen Kosten für Grunderwerb und Nutzungsentschädigungen, sowie für die Pflasterung und Einfriedigung der Rampen, und sie leistet aufserdem einen festen Beitrag, welcher die Hälfte der übrigen Anschlagskosten etwas übersteigt. Auf diese Weise ist einerseits die sachgemäfse Ausführung mehr gesichert worden, als wenn die Gemeindeverwaltung, welche über eigene Baubeamte nicht verfügt, den Bau unter staatlicher Oberaufsicht hätte bewirken müssen; anderseits ist die Gefahr der Anschlagsüberschreitung auf die stärkeren Schultern des Staates gelegt. Nachdem dieses Abkommen zustande gekommen war, wurde im April 1891 auch der Neubau der Dammbrücke in Angriff genommen.

2. Vorarbeiten.

Den Brücken konnte eine für die Durchfahrt mit gelegtem Mast ausreichende Höhe gegeben werden. Von entscheidender Bedeutung war aber die Frage, ob es zulässig sei, der Segelschiffahrt die mit der Errichtung fester Brücken verknüpfte Beschränkung aufzuerlegen. Gesegelt wird in grofsem Umfange, und es ist bei der seeartigen Breite beider Wasserstrafsen, sowie bei dem Mangel eines durchgehenden Leinpfades die Fortbewegung der Schiffe durch Leinenzug nicht möglich; auch die Aufstellung von Mastenkrahnen hätte der sehr lebhaften Segelschiffahrt, sofern diese überhaupt auf deren Benutzung angewiesen gewesen wäre, keine genügende Erleichterung verschafft. Glücklicherweise ergab sich, dafs die sämtlichen zwischen der Oder und Berlin verkehrenden Schiffe nur noch kleine Masten führen und mit Vorrichtungen zum Legen und Heben derselben ausgerüstet sind, dafs ferner diese Arbeit von den Schiffern mit geringer Mühe und gewöhnlich ohne Fahrtunterbrechung besorgt werden kann. Die bei Treptow und Erkner vorhandenen Mastenkrahne wurden allerdings noch hin und wieder, wenn schon nur in vereinzelten Fällen, in Anspruch genommen. Als jedoch der Mastenkrahn in Erkner probeweise mehrere Monate ohne Bedienung gelassen wurde, kümmerte sich kein Schiffer um denselben, und es war damit die Sicherheit gewonnen, dafs feste Brücken als zulässig angesehen werden durften. Diese wurden daher gewählt.

Die erforderliche Durchflufsweite ergab sich für beide Brücken gleich grofs, nämlich zu 54 m, und da auch die Wasserstände genau übereinstimmten, so konnten beide Bauwerke gleiche Gröfse und Form der Durchflufsöffnungen erhalten. Gewählt wurden je drei gleich grofse und gleich hohe Oeffnungen, welche daher sämtlich für die Schiffahrt benutzbar sind. Dadurch ist dieser die grofse Erleichterung zu Theil geworden, dafs das frühere Warten und Drängen vor der Brücke aufgehört hat, und es sind sogar die Segelschiffer mit der neuen Lage durchaus zufrieden. Die Lichthöhe beträgt bei Mittelwasser 4,50 m und bei Hochwasser noch 3,70 m in der Mitte der Oeffnungen. Die Lange Brücke ist 10 m breit, wovon 6 m auf die Fahrbahn und je 2 m auf die Fufswege entfallen. Die Dammbrücke hat eine 8 m breite Fahrbahn und 12 m Gesamtbreite erhalten. Die Rampensteigung beträgt nach dem Entwurf überall 1 : 40; bei der Ausführung wurde jedoch die stadtseitige Anrampung der Dammbrücke mit der etwas stärkeren Steigung von 28 mm auf 1 m Länge (etwa 1 : 36) angelegt.

Nach der Feststellung der obigen Entwurfsgrundlagen handelte es sich sodann um die Wahl zwischen eisernen Bogenträgern und Gewölben. Vergleichende Kostenberechnungen ergaben, dafs die in den obigen Abmessungen zu erbauenden Brücken billiger mit Klinkern und Cementmörtel gewölbt, als mit eisernen Bogenträgern hergestellt werden konnten. Unter Berücksichtigung der sonstigen Vorzüge des Gewölbebaues, als längere Dauer, geringere Unterhaltungskosten und gröfsere Sicherheit bei aufsergewöhnlichen Belastungen, konnte die Wahl nicht zweifelhaft sein. Bei der Ausführung hat sich sogar gezeigt, dafs dem Gewölbebau auch noch der Vorzug kürzerer Bauzeit zuzuerkennen ist. Nur in einer Hinsicht wäre eine eiserne Bogenbrücke möglicherweise etwas günstiger geworden, nämlich in der Constructionshöhe. Aber auch hier ist der allenfalls erreichbare Vortheil nur unbedeutend, wie man daraus erkennt, dafs die Oberkante des Pflasters der ausgeführten Brücken nur 1,10 m über der Unterkante des Gewölbscheitels liegt.

3. Die Gründungsarbeiten an der Langen Brücke.

Die vier Brückenpfeiler mufsten mitten im Wasser bei Wassertiefen von 5 m am rechten und 6 m am linken Endpfeiler erbaut werden. Am schwierigsten war die Ausführung des letzteren, woselbst der tragfähige Baugrund erst unter einer 8 m mächtigen Schlammschicht in 14 m Tiefe unter Mittelwasser erreicht wurde. Glücklicherweise hat die Dahme eine so geringfügige Strömung, dafs sie fast als ein ruhendes Gewässer erscheint. Deshalb konnte die Gründung durch Sandschüttung vorbereitet und erleichtert werden. Von der 4 km oberhalb gelegenen Sandgrube an den Müggelbergen und von den etwa 15 km entfernten Sandgruben bei Niederlehme, welche Berlin mit Mauersand versorgen, wurde nämlich ein sehr geeigneter Abraumboden auf dem Wasserwege herangeschafft und durch dessen Verschüttung der Schlammboden an den Pfeilerbaustellen zur Seite gedrängt und die Wassertiefe bis auf etwa 3,5 m ermäfsigt. Alsdann sind die Rostpfähle und zuletzt die umschliefsenden Spundwände in der aus den Zeichnungen Bl. 56 Abb. 3 und Bl. 57 Abb. 1 bis 3 ersichtlichen Weise eingerammt worden. Gleichzeitig wurden die beiderseitigen Dämme von den Landpfeilern bis zu den Ufern wasserfrei angeschüttet und dadurch Arbeitsplätze gewonnen. Auch der hierzu erforderliche Boden ist aus grofser Entfernung auf dem Wasserwege beschafft, nämlich gröfstentheils aus Berlin, indem der bei den dortigen Ufer- und Wasserbauten durch Abgrabung und Baggerung zu beseitigende Boden hier eine gesuchte Verwendungsgelegenheit fand und für mäfsige Preise abgelagert wurde.

Die zuerst eingerammten Rostpfähle zogen in dem angeschütteten ganz reinen und gleichmäfsigen Sandboden fast beängstigend leicht. Sehr bald verdichtete sich aber die Schüttung. Das Einrammen wurde immer schwerer, weshalb mit Bärgewicht und Fallhöhe mehrfach gewechselt werden mufste; die letzten Pfähle konnten nur mit einer besonders kräftigen Dampframme durch Schläge eines 1600 kg schweren Rammklotzes mit 4,5 m Fallhöhe bis zu der vorgeschriebenen Tiefe eingetrieben werden. Auch die Spundwände zogen in der durch die Rostpfähle sehr zusammengeprefsten Schüttung recht schwer, aber sehr gleichmäfsig, weil keine Steine oder sonstigen Hindernisse angetroffen wurden, und sie zeigten sich beim Auspumpen völlig dichtschliefsend. Es bedurfte daher nur geringen Nachdichtens mit Werg und des Einstreuens von Sägemehl an der Aufsenseite der Spundwände, um die Baugruben bequem trocken zu halten, obschon das Aufsenwasser 1,20 m über der Betonoberkante stand.

Durch die Sandschüttung haben die langen Rostpfähle einen festen Stand erhalten und sind widerstandsfähig gegen Seitendruck geworden. Sie werden ferner noch durch eine Betonlage, in welche ihre Köpfe 1,50 m weit hineinreichen, fest zusammengehalten. Diese Verspannung sowie die durch den Beton gleichfalls erreichbare Vertheilung des Druckes auf die Pfähle und den zwischenliegenden Baugrund ist insbesondere für die Standsicherheit der Landpfeiler vortheilhaft; übrigens ist durch Schrägstellung der Rostpfähle (Bl. 56 Abb. 3) dafür gesorgt, dafs die letzteren nicht übermäfsig auf Schub beansprucht werden.

Mit den Sandschüttungen wurde Mitte April 1890 begonnen; die Rammarbeit dauerte vom 5. Mai bis 16. Juli, die Betonirung vom 2. bis zum 30. Juli. Dieser schnelle Fortgang der Arbeiten ist durch ein Mittel erreicht worden, welches sich sehr wirksam erwiesen hat und für ähnliche Fälle, wo eine Arbeit kräftig gefördert werden soll, empfohlen werden kann. Bei der öffentlichen Ausschreibung, welche sich auf die ganzen Rammarbeiten, einschliefslich der Holzlieferung, sowie auf die Betonirung, diese jedoch ohne Lieferung der Baustoffe, erstreckte, wurde nämlich eine bestimmte Ausführungsfrist nicht vorgeschrieben. Der Unternehmer hatte vielmehr in seinem Angebot selbst anzugeben, in wieviel Wochen nach der Aufforderung zum Beginne er seine Leistungen zu den abzugebenden Preisen bewirken wolle, und es wurde festgesetzt, dafs für jede angefangene Woche der Fristüberschreitung eine Ermäfsigung, für jede volle Woche der früheren Vollendung eine Erhöhung der Einheitspreise des Verdingungsanschlages um 2 vom Hundert einzutreten habe. Es liegt auf der Hand, dafs solche Vereinbarung wirksamer ist, als die einseitige Festsetzung der Fristen und Verzugsstrafen durch die Bauleitung. Das Ergebnifs war, dafs der Unternehmer Möbus aus Charlottenburg, welcher bei dem anfangs sehr leichten Eindringen der Pfähle die Rammarbeit wohl etwas unterschätzt hatte, sich späterhin aufserordentlich anstrengte, aber dennoch, da die Arbeit immer schwieriger wurde, um eine Woche zu spät fertig wurde und 2 v. H. einbüfste. Bei den ein Jahr später ausgeführten Gründungsarbeiten der Dammbrücke gelang es dagegen dem Unternehmer Janicke aus Berlin, trotz eines sehr kurzen Fristversprechens eine volle Woche früher fertig zu werden und dadurch 2 v. H. zu verdienen.

4. Die Gründungsarbeiten an der Dammbrücke.

Bei der Dammbrücke war der Baugrund besser als bei der Langen Brücke und es wäre hier nach dem Ergebnifs der Bohrungen eine Gründung auf Beton zwischen Spundwänden allenfalls zuläfsig gewesen. Weil jedoch eine gewölbte Brücke ganz besonders sichere Gründung erfordert, so wurde auch hier eine solche auf Pfahlrost mit Betonüberdeckung gewählt. Natürlich konnten die Pfähle kürzer als bei der Langen Brücke genommen werden, auch war hier keine Sandschüttung, sondern vielmehr eine vorherige Ausbaggerung der Baugrube bis zur Unterkante der Betonlage erforderlich. Uebrigens erwies sich der Boden bei den nach der Ausbaggerung noch vorgenommenen Untersuchungen an dem rechten Endpfeiler weniger zuverläfsig, als bei den früheren Bohrungen, sodafs die geübte Vorsicht nicht überflüfsig gewesen ist. Die Arbeit begann am 2. April 1891, wurde von vornherein sehr emsig betrieben und ging ohne Unterbrechungen vorwärts; die Rammarbeit wurde bereits am 22. Mai, die Betonirung am 6. Juni beendigt. Am 17. Juni ist sodann mit der Aufmauerung der Pfeiler begonnen worden und am 28. Juli waren dieselben bis Kämpferhöhe fertig gestellt.

5. Die Einrüstung und Ausrüstung der Gewölbe.

Um jede Unterbrechung des Schiffsverkehrs zu vermeiden, mufste das Lehrgerüst derjenigen Oeffnung der Langen Brücke, welche der Portalklappe der alten Brücke gegenüber lag, die für die Durchfahrt der Schiffe erforderliche Lichtöffnung frei lassen. Diese Bedingung führte zu der aus den Zeichnungen auf Blatt 57 Abb. 4 u. 5 ersichtlichen Anordnung. Das Lehrgerüst bestand aus sechs eisernen Bindern, welche, in je 1,80 m Abstand von einander aufgestellt, durch Winkel- und Flacheisen unter sich verbunden waren und unmittelbar die 8 cm starken Schalbohlen trugen. Jeder Binder war ein einheitlicher Gitterträger auf vier Stützpunkten. Die obere Gurtung war genau nach der Gewölbeleibung gekrümmt und bestand aus zwei Winkeleisen 100 : 100 : 10 mm, zu denen in der Mitte auf 4,6 m Länge noch ein hochstehendes Flacheisen 100 : 13 mm trat. Der Untergurt hatte durchweg zwei Winkeleisen 70 : 70 : 7 mm und die Gitterstäbe waren Winkeleisen, 50 : 50 : 5 in der Mitte und 60 : 60 : 6 mm an den Enden. Die Constructionshöhe in der Mitte betrug einschliefslich der Schalung 1,00 m und das Lehrgerüst liefs eine Durchfahrtöffnung von 7,70 m Weite und 3,50 m Höhe bei Mittelwasser frei. Die mittleren Stützpunkte sind durch zwei verholmte Pfahlreihen, die Endstützen durch niedrige, zwischen Spundwand und Pfeilermauerwerk aufgestellte Jochwände gebildet worden. Auf diesem Unterbau wurden die Binder in üblicher Weise durch Sandtöpfe unterstützt, deren genaue Einstellung und sichere Auflagerung durch eine starke obere und eine auf eichene Holzkeile gesetzte untere Bohle ermöglicht wurde. Die Binder wurden in der Fabrik derartig fertig zusammengearbeitet, dafs sie durch Lösung einiger Niete in drei Theile zerlegt werden konnten, welche einzeln auf die Baustelle gebracht und hier wieder zusammengenietet wurden. Mit einem an dem Mast eines Fahrzeuges angebrachten Flaschenzuge wurden die Binder sodann einzeln hochgezogen, frei schwebend eingefahren und aufgestellt. In ähnlicher Weise erfolgte später das Fortschaffen. Täglich konnten drei bis vier Binder aufgestellt oder abgehoben werden. Nach der Aufstellung der Binder sind ihre Enden noch durch Zugstangen mit den Pfählen der Mitteljoche verbunden, und von diesen aus sind Druckstreben wagerecht nach dem Pfeilermauerwerk geführt worden, sodafs die Binder einen mäfsigen Seitenschub aufnehmen und so gewissermafsen auch als Bogenträger in Wirksamkeit treten können. Uebrigens ist diese Wirkungsweise zur Standsicherheit nicht erforderlich, sondern die Binder vermögen auch als frei aufliegende Träger die ganze Gewölbelast zu tragen.

Von der umständlichen genauen Berechnung wurde abgesehen und nur der das Mittelfeld überspannende Theil näherungsweise berechnet, indem derselbe als ein frei aufliegender und mit dem Gewölbegewicht lothrecht belasteter Träger auf zwei Stützen angesehen wurde. Die sich hiernach an den Enden ergebenden Stabquerschnitte wurden auch für die Endfelder als ausreichend erachtet. Die Felder des Obergurts waren natürlich nicht blofs als in den Knotenpunkten belastete Stäbe, sondern zugleich als Balken auf Biegung zu berechnen, da sie ihrer ganzen Länge nach unmittelbar belastet wurden.

Nachdem das Lehrgerüst der Schiffahrtöffnung in solcher Weise entworfen war, erwies sich dasselbe den üblichen hölzernen Lehrgerüsten hinsichtlich der Sicherheit und Leichtigkeit der Aufstellung, der Steifigkeit und sogar hinsichtlich der Kosten überlegen, und es wurden daher auch die beiden anderen Oeff-

nungen in der gleichen Weise eingerüstet. Der bedeutendste Vorzug aber liegt darin, dafs die Versackungen vermieden werden, welche bei gröfseren hölzernen Lehrgerüsten wegen der vielen Verbindungen und der schwierigen Zusammensetzung meist vorkommen und zu Rissen im Gewölbe führen. Ist es doch wiederholt beobachtet worden, dafs die schlimmsten Risse nicht beim Ausrüsten, sondern schon während des Wölbens infolge der Formveränderungen der Lehrgerüste entstanden sind. Ein fernerer sehr wichtiger Vorzug unserer Lehrgerüste liegt darin, dafs beim Ausrüsten jede Erschütterung vermieden werden konnte. Es wurden nämlich zuerst nur die Stöpsel der mittleren Sandtöpfe um 4 bis 5 cm gesenkt, während die Endstützen unverändert blieben. Hierdurch verloren die Binder ihre mittleren Stützpunkte, jedoch nicht ihren Zusammenhang; indem sie sich in Träger mit nur zwei Auflagern verwandelten, büfsten sie an Tragfähigkeit ein, blieben aber noch widerstandsfähig. Unter der vollen Gewölbelast hätten sie sich nun stärker durchbiegen und dabei schliefslich wieder auf die gesenkten Mittelstützen auflagern müssen. Doch das geschah nicht; die Mittelstützen blieben frei, was auch erwartet worden war. Denn dadurch, dafs das Lehrgerüst durch den Fortfall der mittleren Stützen biegsamer wurde, aber immer noch das Gewölbemauerwerk stützte, mufste dieses allmählich in eine, wenn auch nur mäfsig grofse Druckspannung gerathen. Bei solcher Sachlage war es kein grofses Wagnifs, wenn mit der geschilderten Senkung der Mittelstützen schon sehr bald nach der Vollendung des Gewölbemauerwerks begonnen wurde. Denn hätte sich der Mörtel noch zu weich und das Gewölbe noch nicht druckfähig erwiesen, so konnte sich nichts schlimmeres ereignen, als dafs die Mittelstützen wieder zur Auflagerung gekommen wären, worauf man das Ausrüsten beliebig verschieben konnte.

Die vorstehenden Erwägungen sind für den Berichterstatter schon beim Entwerfen des Lehrgerüstes leitend gewesen, weshalb derselbe nicht zögerte, ihre Richtigkeit zu erproben. Demgemäfs wurden schon 36 Stunden nach dem Schlufs der Gewölbe die Mittelstützen um 4 bis 5 cm gesenkt, und als es sich zeigte, dafs sie frei blieben, wurden 24 Stunden später die Gewölbe durch gleichzeitiges völliges Entleeren sämtlicher Sandtöpfe ausgerüstet. Der Erfolg war vollkommen. Die Gewölbe blieben ganz unverändert, ohne Scheitelsenkung und ohne Risse.

Ein eiserner Binder des Lehrgerüstes wog 1340 kg, das ganze Lehrgerüst eines 18 m weiten und 10 m breiten Gewölbes enthielt 8 550 kg Eisen. Des Kostenvergleichs wegen wurde auch ein hölzernes Lehrgerüst für eine derjenigen Oeffnungen, welche während der Bauausführung nicht dem Schiffsverkehr zu dienen hatten, entworfen. Dasselbe erforderte ohne den Unterbau 1090 m Verbandholz mit zusammen 39,4 cbm Holz und 540 kg Schraubenbolzen.

Die Lehrgerüste wurden, nachdem die Jochpfähle schon früher eingerammt waren, in der Zeit vom 16. Sept. bis 8. Oct. aufgestellt und nach dem Ausrüsten, welches am 8. Nov. 1890 stattfand, abgebaut und einstweilen auf der Baustelle aufbewahrt. Sie sind sodann im Sommer 1891 beim Neubau der Dammbrücke nochmals benutzt worden, wobei nur die Binderweite, der gröfseren Gewölbetiefe wegen, von 1,80 m auf 2,20 m vergröfsert wurde. Die Zuläfsigkeit dieser Abänderung soll im folgenden Abschnitte erörtert werden.

Demnächst wurden die Lehrgerüste auf Grund der Vertragsbedingungen Eigenthum der Unternehmerin, Actiengesellschaft Lehmann u. Co. in Berlin.

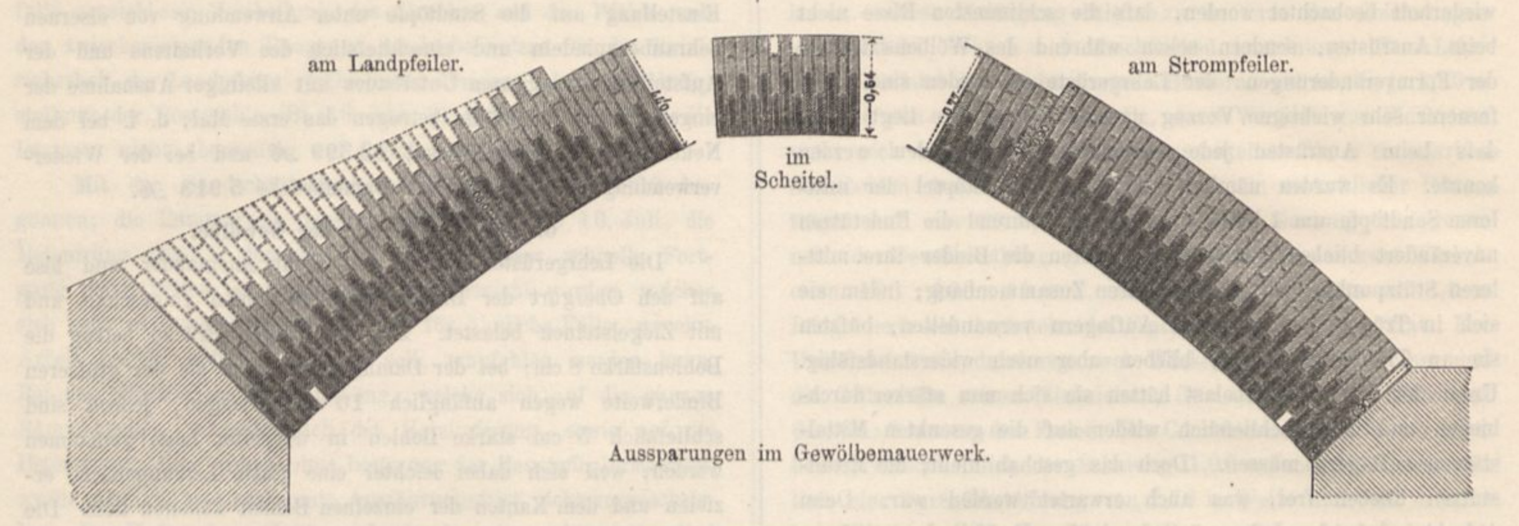
Die Kosten für das Vorhalten der drei eisernen Lehrgerüste einschliefslich der Aufstellung und Beseitigung, der genauen Einstellung auf die Sandtöpfe unter Anwendung von eisernen Schraubenspindeln und einschliefslich des Vorhaltens und der Aufstellung des ganzen Unterbaues mit alleiniger Ausnahme der eingerammten Jochpfähle betrugen das erste Mal, d. i. bei dem Neubau der Langen Brücke, 12 399 ℳ und bei der Wiederverwendung zu dem Bau der Dammbrücke 5 913 ℳ.

6. Die Ausführung der Gewölbe.

Die Lehrgerüste wurden mit dicht aneinander und lose auf den Obergurt der Binder gelegten Bohlen eingeschalt und mit Ziegelsteinen belastet. Bei der Langen Brücke betrug die Bohlenstärke 8 cm; bei der Dammbrücke sollte sie der gröfseren Binderweite wegen anfänglich 10 cm betragen, jedoch sind schliefslich 5 cm starke Bohlen in doppelter Lage genommen worden, weil sich dabei leichter eine glatte Leibungsfläche erzielen und dem Kanten der einzelnen Bohlen abhelfen liefs. Die Einschalung war Sache des Unternehmers der Maurerarbeiten, welcher auch die Bohlen vorzuhalten hatte. Auf die Gerüste der Langen Brücke wurden vor dem Wölben die sämtlichen dazu erforderlichen Mauersteine aufgebracht und so vertheilt, dafs die Schalung über den Bindern am stärksten belastet wurde. Die letzteren senkten sich dabei in der Mitte um 20 bis 30 mm. Hierzu ist noch zu bemerken, dafs die Lehrgerüste nicht genau nach der entwurfsmäfsigen Bogenform der Gewölbe, sondern mit einer um 4 cm gröfseren Pfeilhöhe construirt worden sind.

Zur Einschalung und Belastung der Lehrgerüste waren zehn Arbeitstage erforderlich. Die Einwölbung fand von den Kämpfern aus genau gleichmäfsig auf beiden Seiten und bei allen drei Oeffnungen in gleichem Schritte statt und dauerte vom 18. October bis zum 6. November. Dabei erhielten die Gewölbe, um das Auftreten starker Pressungen an den Kanten zu verhindern und von vorn herein auf eine thunlichst gleichmäfsige Druckvertheilung hinzuwirken, die aus Blatt 57 Abb. 5 ersichtlichen Aussparungen. Dieselben bestehen aus zwei benachbarten oberen Läuferschichten im Scheitel, aus einigen oberen Schichten an den Kämpfern und aus je einer inneren Läuferschicht in der Nähe der Kämpfer. Letztere wurde nicht ganz fortgelassen, sondern zunächst lose in Sand eingesetzt, nach dem Ausrüsten herausgenommen und von unten in Cementmörtel wieder eingedrückt. Bei der Dammbrücke erschien es nicht wünschenswerth, die auf 2,20 m Binderabstand abgeänderten Lehrgerüste der vollen Gewölbelast auszusetzen. Allerdings hätte sich die Abänderung durch Neubeschaffung dreier Binder, je eines für jede Oeffnung, vermeiden lassen. Es wurde jedoch vorgezogen, die Lehrgerüste weniger zu belasten und die Gewölbe nicht auf ein Mal in voller Stärke, sondern in zwei Theilen von der halben Stärke auszuführen. Mafsgebend dafür war aufser der vorerwähnten Rücksicht auf die Belastung der Lehrgerüste insbesondere die beim Wölben der Langen Brücke gemachte Beobachtung, dafs es nicht leicht ist, bei stark geneigten Lagerfugen ein tadelloses Mauerwerk in Cementmörtel herzustellen, und dafs die Schwierigkeiten mit der Fugenlänge wachsen. Die Maurer arbeiten dann nämlich gern mit zu steifem Mörtel und rücken die Steine zu viel hin und her, um sie in die richtige Stellung zu bringen, während bekanntlich beim Mauern mit Ce-

mentmörtel sehr viel darauf ankommt, dafs die Steine in ein gehörig zubereitetes Mörtelbett eingedrückt und dann nicht mehr abgehoben oder verschoben werden. Die Theilung der Ausführung bedeutet aber nicht eine Zerlegung des Gewölbes in zwei Ringe, sondern ist ohne Beeinträchtigung des Zusammenhanges und des Verbandes erfolgt. Denn das Gewölbe hat durchgehende Lagerfugen und seine einzelnen Schichten haben regelmäfsigen Verband, was dadurch erreicht worden ist, dafs beide Theile mit Verzahnung in einander greifen. Die Herstellungsweise ist aus der nachfolgenden Abbildung zu ersehen, worin der zuerst gewölbte Theil schraffirt ist. Die Ausführung bot keine Schwierigkeiten, war vielmehr bequemer und leichter als bei der Langen Brücke. In neun Arbeitstagen wurde die Wölbung des unteren Theiles vollendet, und sechs Tage später war bereits der obere Theil fertig zugewölbt. Auch hier sind die vorhin beschriebenen Aussparungen gemacht worden und ebenso hat die Ausrüstung in gleicher Weise und mit gleich günstigem Erfolge stattgefunden.



Aussparungen im Gewölbemauerwerk.

Sowohl bei den Gewölben der Langen Brücke als bei denen der Dammbrücke hat sich weder während des Wölbens noch später ein Rifs gezeigt, obwohl die Ausrüstung schon nach drei Tagen erfolgte und die Gewölbe dabei noch nicht übermauert, sogar die Aussparungen noch nicht zugemauert waren. Das Ausrüsten vor der Uebermauerung wird allerdings nicht immer zulässig sein, weil der Gleichgewichtszustand des unbelasteten Gewölbes von demjenigen des belasteten bedeutend abweicht. Man mufs deshalb den Verlauf der Stützlinie für das Eigengewicht sorgfältig untersuchen, was in unserem Falle natürlich geschehen ist und die Standsicherheit des sich frei tragenden Gewölbes ergab.

Die Gewölbe sind aus Klinkern in Cementmörtel hergestellt. Das Mischungsverhältnifs des Mörtels war 1 Raumtheil Cement auf 3 Raumtheile Sand. Zur Erzielung einer sauberen Leibungsfläche wurde bei der Langen Brücke die Schalung mit billiger Pappe überdeckt, ferner ein Versuch gemacht, die unteren Seitenflächen der auf die Schalung zu setzenden Steine mit etwas Lehm zu bestreichen, welcher nach dem Ausrüsten ausgekratzt werden und das Ausfugen erleichtern sollte. Dies erwies sich jedoch als zu unbequem, weshalb davon bald Abstand genommen wurde; auch die Pappe ist bei der Dammbrücke als überflüssig nicht verwendet worden.

Die Entleerung der Sandtöpfe erfolgte durch die Maurer und Handlanger und dauerte kaum eine halbe Stunde. Erwähnt sei noch, dafs sich nach der ersten kleinen Senkung der auf den Mitteljochen aufgestellten Sandtöpfe die Ausflufsöffnungen ohne Schwierigkeit wieder schliefsen liefsen. Die Sandtöpfe waren bereits bei dem einige Jahre früher ausgeführten Neubau der Potsdamer Langen Brücke verwendet worden und sind auf Bl. 57 Abb. 6. u. 7 unter Angabe der Abmessungen dargestellt. Sie sind aus 4 mm starkem Eisenblech zusammengenietet und haben dicht über dem Boden drei durch kleine Schrauben verschliefsbare Ausflufsöffnungen. Zur Füllung wurde gewöhnlicher Mauersand genommen, nachdem derselbe auf Eisenplatten geglüht worden war. Die Stöpsel bestanden aus Eichenholz mit eisernen Ringen und mit einer kleinen aufgenagelten Leiste zur Führung zwischen den Nietköpfen der beiden Nietreihen neben der Stofsfuge des Blechmantels.

7. Abmessungen und Berechnung der Gewölbe.

Die Gewölbe haben 18,0 m Lichtweite und 3,40 m Pfeilhöhe; sie sind im Scheitel $2^1/_2$ Stein oder 0,64 m und an den Kämpfern 0,90 m stark. Die Pflasteroberkante liegt in der Mitte des Fahrdammes auf + 37,90 m N.N, während der Scheitel die Höhe + 36,80 m N.N hat. Die Constructionshöhe beträgt daher nur 1,10 m, und zwar im einzelnen für

das Gewölbe $d = 0{,}64$ m

die Abdeckung und Fahrbahn $e = 0{,}46$ m.

Beim Entwerfen wurden zur Berechnung der Gewölbestärke und Bogenform die von dem Unterzeichneten aufgestellten Formeln[1]) benutzt. Der sehr einfache Gang der Berechnung soll nachstehend kurz mitgetheilt werden. Gegeben war $l = 18{,}0$ m, $f = 3{,}40$ m und $e = 0{,}46$ m, ferner wurde die gröfste Verkehrsbelastung einer Mauerwerkshöhe $p = 0{,}40$ m gleichgesetzt und das Gewicht von 1 cbm Mauerwerk $\gamma = 1{,}6$ t angenommen. Die Bedingungsgleichungen für die Gewölbestärke lauten:

$$(1) \quad . \quad d \gtreqless \frac{{}^1/_2\, p f}{d + e + \frac{p}{2} + 0{,}15\, f}.$$

$$(2) \quad . \quad d \gtreqless 0{,}014 \frac{\gamma}{k} \frac{l^2}{f} \left(d + e + \frac{p}{2} + 0{,}20\, f\right).$$

k bedeutet in kg f. 1 qcm diejenige Scheitelpressung, welche bei dem mittleren Belastungszustande, d. i. bei einer gleichmäfsigen Belastung des Gewölbes mit $\frac{p}{2}$, nicht überschritten werden soll. Die erste der obigen Bedingungen mufs erfüllt sein,

1) Tolkmitt: „Das Entwerfen und die Berechnung der Brückengewölbe." Zeitschr. f. Bauwesen, Jahrg. 1885, Seite 265.

damit bei der ungünstigsten einseitigen Belastung eine Stützlinie möglich ist, welche nicht aus dem inneren Gewölbedrittel tritt, und die zweite Bedingung, damit die Pressung k in dem obigen Sinne nicht überschritten wird. Die gröfste in dem Gewölbe bei richtiger Bogenform auftretende Pressung wird dann höchstens $\sigma = 2k$. Es wurde $k = 8$ angenommen, worauf sich durch Einsetzung der Zahlenwerthe in obige Formeln die Bedingungen

$$d \gtrless \frac{0{,}68}{d + 1{,}17} \text{ und } d \gtrless 0{,}266\,(d + 1{,}34)$$

ergaben, welchen, wie man nach einigen Versuchsrechnungen bald erkennt, durch $d = 0{,}64$ m schon sehr reichlich genügt wird. Es würde sogar eine Scheitelstärke von 2 Stein = 0,51 m noch soeben ausreichen, jedoch konnte diese geringere Stärke nicht gewählt werden, weil kleine Abweichungen von der richtigen Bogenform bei der Einrüstung und Ausführung der Gewölbe vorkommen können und deshalb ein kleiner Zuschlag wünschenswerth ist. Nunmehr war die Bogenform zu bestimmen, was in der kürzesten Weise wie folgt geschehen kann.

Bei Gewölben mit wagerecht abgeglichener Belastungsfläche ist im mittleren Belastungszustande der Gewölbeschub:

$$(3)\quad H = \frac{l^2}{16}\left[\frac{z_0}{f}+\frac{1}{8}+\frac{8d\cdot z_0}{l^2}+\sqrt{\left\{\frac{z_0}{f}+\frac{1}{8}+\frac{8d\cdot z_0}{l^2}\right\}^2+\frac{32d\cdot z_0}{l^2}}\right]$$

und die Gleichung der inneren Bogenlinie für den Scheitel als Nullpunkt:

$$(4)\quad \ldots\quad y = \frac{m\cdot x^2}{\frac{l^2}{4}\,\frac{f+m}{f} - x^2}.$$

Hierin bedeutet:

$$(5)\quad \ldots\quad z_0 = d + e + \frac{p}{2} \text{ und}$$

$$(6)\quad \ldots\quad m = \frac{8\,Hz_0}{H + 8d\cdot z_0}.$$

Die Ausrechnung ergiebt $z_0 = 1{,}30$ m, $H = 22{,}8$ cbm, $m = 8{,}05$ m, und daher schliefslich:

$$(7)\quad \ldots\quad y = \frac{8{,}05\cdot x^2}{273 - x^2}.$$

Nach dieser Gleichung ist die innere Bogenlinie construirt worden; das Gewölbe ist daher nicht nach einem Kreisbogen oder Kegelschnitt, sondern nach einer Curve dritten Grades geformt. Der durch Auftragen einer genügenden Anzahl Punkte erhaltenen Curve konnte ein Korbbogen aus drei Mittelpunkten ziemlich genau angepafst werden. Dies ist jedoch nur auf dem Papier geschehen, behufs sauberer Zeichnung, während die Bogenform der Binder des Lehrgerüstes auf dem Schnürboden unmittelbar nach der Gleichung (7) aufgetragen und dann nach Mafsgabe der den Lehrgerüsten zu gebenden Ueberhöhung und der Stärke der Einschalung abgeändert wurde. Bei einseitiger Belastung ist die gröfste Ausweichung der Stützlinie aus der Mitte:

$$(8)\quad \delta = \frac{0{,}01\cdot pl^2}{H} = 0{,}01\cdot\frac{0{,}40\cdot 18^2}{22{,}8} = 0{,}057 \text{ m}$$

und die gröfste Pressung:

$$(9)\quad \sigma = \gamma\cdot\frac{H}{d}\left(1+\frac{6\,\delta}{d}\right) = \text{rd. } 88 \text{ t/qm oder } 8{,}8 \text{ kg/qcm.}$$

Selbt wenn wir annehmen, dafs die Stützlinie infolge von Ungenauigkeiten oder Zufälligkeiten bei der Ausführung an den ungünstigsten Stellen bis zu den Kernlinien, also um $\frac{d}{6}$ von der Mitttellinie ausweicht, so steigt die gröfste Pressung doch nur auf

$$\sigma = 2\cdot 1{,}6\,\frac{22{,}8}{0{,}64} = 114 \text{ t/qm.}$$

Bei voller Verkehrsbelastung wird $z_0 = 150$ m und, nach Formel (3), $H = 25{,}4$ cbm, wobei die Scheitelpressung

$$\sigma = \frac{\gamma\,H}{d} = \frac{1{,}6\cdot 25{,}4}{0{,}64} = \text{rund } 64 \text{ t/qm}$$

wird.

Ueber die vorstehenden Formeln ist noch zu bemerken, dafs sie nicht ganz unverändert aus der früher erwähnten Abhandlung vom Jahre 1885 entnommen, sondern in Fassung und Bezeichnungen theilweise etwas abweichend wiedergegeben sind. Dies gilt insbesondere von der Formel (6), jedoch ist die sachliche Uebereinstimmung nicht schwer zu erkennen, weshalb hier nicht weiter darauf eingegangen wird.

Um nun die Genauigkeit der angewandten Formeln zu prüfen, wurde das Gewölbe im Mafsstabe 1 : 25 genau aufgezeichnet und die Stützlinie in der üblichen zeichnerischen Weise als Seilcurve für verschiedene Belastungsfälle construirt, wobei sich eine sehr gute Uebereinstimmung mit den obigen Ermittlungen ergab. Die mit $H = 22{,}8$ cbm verzeichnete Stützlinie für den mittleren Belastungsfall bleibt in der Mittellinie, und die Stützlinien für das vollbelastete und das unbelastete Gewölbe entfernen sich nur wenig von derselben. Am ungünstigsten ist der Gleichgewichtszustand des ausgerüsteten und noch nicht übermauerten Gewölbes. Es wurde deshalb strenge darauf gehalten, dafs die Uebermauerung beider Gewölbehälften ganz gleichmäfsig vor sich ging.

Die Aufzeichnung der Bogenlinie wird erleichtert und man braucht nur wenige Punkte zu berechnen, wenn man auch die Tangenten in denselben construirt. Durch analytische Behandlung der Gleichung (4) ergiebt sich, dafs die Tangente in dem durch (x, y) gegebenen Punkte die Achse im Abstande

$$(10)\quad \xi = \frac{x}{2} + \frac{2\,f\cdot x^3}{l^2\,(f+m)}$$

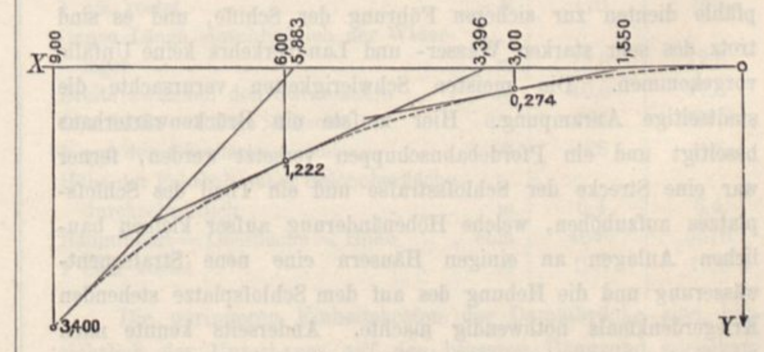
vom Nullpunkte schneidet. Dies genügt zur Construction.

Setzt man die früheren Zahlenwerthe für l, f und m ein, so erhält man

$$(11)\quad \xi = \frac{x}{2} + 0{,}00183\cdot x^3$$

und nach den Formeln (7) und (11) beispielsweise für

$x = 0$	3,0	6,0	9,0
$y = 0$	0,274	1,222	3,400
$\xi = 0$	1,550	3,396	5,883



Mit diesen Werthen läfst sich die Bogenform, wie die vorstehende Zeichnung veranschaulicht, bereits recht deutlich aufzeichnen.

8. Uebermauerung und Abdeckung.

Ueber den Mittelpfeilern sind die Gewölbe unter Vermeidung von Hohlräumen ganz mit billigem Füllmauerwerk in Form von eingestampftem Sparbeton übermauert worden. Der

Mehraufwand an Masse wird hierbei durch die gröfsere Billigkeit der Baustoffe und der Herstellungsweise reichlich ausgeglichen, während anderseits die stärkere Belastung der Pfeiler den Ausschlag der Mittelkraft bei wechselnden Belastungszuständen vermindert. Der letzte Umstand war auch für die Widerlager wichtig, indem hier wegen der tiefen Lage des guten Baugrundes Werth darauf gelegt werden mufste, dem Gewölbeschub durch eine grofse lothrechte Belastung und einen thunlichst grofsen auf das Widerlager gerichteten Erddruck kräftig entgegen zu wirken.

Deshalb ist die Uebermauerung der Widerlager ziemlich hoch geführt, wodurch nebenbei noch der Vortheil erreicht wurde, dafs die Flügelmauern keinem grofsen Erddruck zu widerstehen haben und nur mäfsige Stärke erforderten. Die Flügelmauern stehen übrigens ganz auf dem Unterbau der Widerlager und bedurften keiner besonderen Gründung.

In der Uebermauerung der Widerlager sind zwar keine hohlen Räume ausgespart, anderseits besteht daselbst aber auch nicht die ganze Masse aus Sparbeton, sondern theilweise nur aus angefeuchtetem und lagenweise festgestampftem Mauersand, welcher nach Herstellung der diese Füllräume umschliefsenden Betonwände eingebracht und oben derartig abgeglichen wurde, dafs sodann die obere Betonschicht im Zusammenhange hergestellt werden konnte.

Die Abdeckung der Gewölbeübermauerung besteht zunächst aus einer Ziegelflachschicht in Cementmörtel 1 : 2; darauf folgt eine glatt abgeriebene 3 cm starke Mörtellage aus 1 Theil Cement und $2\frac{1}{2}$ Theilen Sand und diese ist wiederum mit Asphaltfilzplatten überdeckt. Ueber dem Scheitel der Seitenöffnungen fehlt die Ziegelflachschicht, und dadurch hat die Abdeckung ein wenn auch nur geringes Längsgefälle von der Mitte nach den Enden erhalten.

9. Nebenanlagen.

Die Lange Brücke ist unterhalb der alten erbaut worden, weshalb eine Nothbrücke für den Landverkehr nicht erforderlich war. Der Schiffsverkehr konnte durch die Portalöffnung der alten Brücke und in deren Fortsetzung durch die rechte Seitenöffnung der neuen Brücke ungehindert stattfinden, und zwar auch während der Einwölbung, da das Lehrgerüst eine Oeffnung von 7,70 m Breite und 3,50 m Höhe frei liefs. Seitliche Prellpfähle dienten zur sicheren Führung der Schiffe, und es sind trotz des sehr starken Wasser- und Landverkehrs keine Unfälle vorgekommen. Die meisten Schwierigkeiten verursachte die stadtseitige Anrampung. Hier mufste ein Brückenwärterhaus beseitigt und ein Pferdebahnschuppen versetzt werden, ferner war eine Strecke der Schlofsstrafse und ein Theil des Schlofsplatzes aufzuhöhen, welche Höhenänderuug aufser kleinen baulichen Anlagen an einigen Häusern eine neue Strafsenentwässerung und die Hebung des auf dem Schlofsplatze stehenden Kriegerdenkmals nothwendig machte. Anderseits konnte nach dem Abbruch der alten Brücke durch Uferregulirung und Anschüttung Ersatz für die in Anspruch genommenen städtischen Grundflächen geboten und am linken Ufer ein günstig gelegener Arbeits- und Lagerplatz für die Wasserbauverwaltung gewonnen werden. Die Ausführung der Rampenschüttung ist bereits früher erörtert worden.

Die neue Dammbrücke ist ebenfalls seitlich von der alten, und zwar dicht oberhalb, aber nicht ihr gegenüber erbaut worden, sondern sie wurde der Anrampung wegen um etwa 45 m nach dem rechten Ufer hin verschoben. Die Nebenanlagen bestehen hier aufser den Anrampungen, welche theilweise Futtermauern und abgepflasterte Böschungen erhalten haben, in der Ausführung einer Uferabgrabung oberhalb der Brücke und der Beseitigung einer Strecke des alten Strafsendammes, sowie in der theilweisen Durchdämmung des alten Flufsbettes. Bis zur Ausführung der Durchdämmung konnte der Schiffsverkehr unverändert durch die Portalöffnung der alten Brücke stattfinden, da das ganze neue Bauwerk rechts von jener Oeffnung liegt. Es mufste aber vor der Durchdämmung für den Wasserabflufs und den Schiffsverkehr ein neues Bett geschaffen werden und das geschah in der Weise, dafs der ohnehin zu beseitigende Strafsendamm zunächst im Zuge der rechten Seitenöffnung durchstochen und überbrückt wurde. Die Nothbrücke erhielt eine für den Durchgang der Schiffe mit gelegtem Mast ausreichende Höhe und wurde aus dem Holz der inzwischen abgebrochenen alten Langen Brücke erbaut. Die Kosten betrugen einschliefslich der Pflasterungsarbeiten nur 1800 Mark.

Zur Erleichterung der Durchdämmung wurden zwei zum „Ausschlachten" reife Kähne angekauft und versenkt, alsdann konnte das Flufsbett unter mäfsiger Verwendung von Faschinen und Sandsäcken ohne sonderliche Mühe in zwei Tagen abgedämmt werden.

Im Frühjahr 1892 wurde die starke Strömung unter der Nothbrücke für die Schiffahrt unbequem, jedoch konnte den Schwierigkeiten durch Aufstellung einer kräftigen Winde am rechten Ufer oberhalb der Brücke abgeholfen werden, indem die Schiffe mit derselben stromaufwärts durchgezogen und stromabwärts sicher durchgesackt wurden.

In dem Uebersichtsplan auf Blatt 57 Abb. 8 sind nur die neuen Brücken dargestellt.

10. Ausführung und Kosten.

Ueber den Gang und die Einzelheiten der Ausführung ist den vorangegangenen Mittheilungen nur noch wenig hinzuzufügen. Die Gründungsarbeiten wurden einschliefslich Holzlieferung verdungen, Ziegelsteine, Cement und die sonstigen Baustoffe einzeln ausgeschrieben, die meisten Erd- und Nebenarbeiten im Selbstbetriebe ausgeführt. Dem Unternehmer der Gründungsarbeiten wurden bei jeder Brücke auch die gesamten Maurerarbeiten übertragen und zwar einschliefslich Vorhalten aller Geräthe und Rüstungen mit Ausnahme der Lehrgerüste. Bei der Langen Brücke hat diese Arbeiten der Unternehmer Möbus in Charlottenburg ausgeführt, welcher Rammen mit endloser Kette von Menck und Hambrock verwendete. Bei der Dammbrücke arbeitete der Unternehmer Janicke in Berlin mit Menck und Hambrockschen Dampframmen ohne Kette, bei denen der Bär den Dampfcylinder bildet und diesem der Dampf durch einen biegsamen Schlauch zugeführt wird. Alle Rammen erwiesen sich sehr brauchbar, am meisten jedoch die letztgenannten, welche anscheinend allen übrigen Arten vorzuziehen sind. Es ist dies auch erklärlich, da die Schläge sehr rasch aufeinander folgen, während auf den Pfahl auch bei dem Hochgehen des Bären ein dem Bärgewicht gleichkommender Druck ausgeübt wird. Mit einer solchen Ramme wurden an einem Tage geleistet bis zu fünf Stück Rundpfähle mit 35 m eingerammter Pfahllänge oder 10 lfd. m 15 cm starke Spundwand mit 28,0 qm eingerammter Fläche. Die Durchschnittsleistung

betrug, wenn man die nothwendigen Unterbrechungen wegen Umstellens oder Ausbesserung der Rammen aufser Ansatz läfst, ungefähr $^{7}/_{10}$ der obigen Höchstleistungen. Bei der Langen Brücke war die durchschnittliche Tagesleistung einer Ramme 2,3 Stück Pfähle = 24 lfd. m eingerammte Pfahllänge.

Der Beton wurde mit Trichtern eingebracht, bei den Pfeilern der Dammbrücke jedoch nur bis zur Oberkante der Rostpfähle. Die obere Lage konnte hier unter Wasserhaltung im Trockenen eingestampft werden, denn die Spundwände waren fast völlig wasserdicht. Das Mischungsverhältnifs war in der unteren Lage zwischen den Pfählen 1 Theil Cement, 6 Theile Sand und 9 Theile Steinschlag, in der oberen Lage etwas besser, nämlich 1 : 4 : 6. Als Steinschlag wurden theils Rüdersdorfer Kalksteine, theils Ziegelbrocken von grofser Härte verwendet.

Das gesamte aufgehende Mauerwerk besteht aus Klinkern oder hartgebrannten Hintermauerungsteinen in Cemenmörtel 1 : 3, auch die Gewölbe sind aus Klinkern in Cementmörtel 1 : 3 hergestellt. Verblendklinker sind nur zu den lothrechten Ansichtsflächen genommen worden, die Gewölbeleibung enthält gewöhnliche Klinker. Diese und die Verblendklinker sind von der Märkischen Ziegelei und Thonwarenfabrik Actiengesellschaft in Premniz bei Rathenow geliefert. Die Hintermauerungsteine stammen aus der Märkischen Ziegelei in Heegermühle am Finowcanal.

Der Sparbeton über den Gewölben wurde aus Ziegelbrocken und Wasserkalk-Mörtel im Mischungsverhältnifs von 9 Theilen Ziegelbrocken, 5 Theilen Sand und 1 Theil Wasserkalk hergestellt. Der letztere wurde theils von Schenk u. Vogel in Föderstedt bei Magdeburg (Cementkalk), theils von der Rüdersdorfer Cementfabrik bezogen.

Das Fahrbahnpflaster besteht aus 16 cm hohen Reihensteinen und ist mit 30 cm hohen, 20 cm breiten Bordschwellen aus Granit eingefafst. Die Bürgersteige haben eine 80 cm breite Reihe Granitplatten und zwischen diesen und den Bordschwellen Mosaikpflaster aus 6,5 cm hohen, 4 bis 7 cm breiten Steinchen.

Das gufseiserne verzierte Geländer auf der Brücke kostete einschliefslich Aufstellung und Anstrich 45,2 ℳ, das schmiedeeiserne einfache Rampengeländer 15,5 ℳ für das Meter.

Es hat ferner gekostet:

1 cbm Beton	19,9 ℳ
1 cbm Sparbeton	13,3 „
1 cbm aufgehendes Mauerwerk einschliefslich der Ansichtsflächen	34,6 „
1 cbm Gewölbemauerwerk ohne die Lehrgerüste	39,4 „
1 qm Abdeckung, bestehend aus Ziegelflachschicht, Mörtellage und Asphaltfilzplatten .	9,8 „
1 qm Fahrbahnpflaster nebst Bettung . . .	11,5 „
1 lfd. m 2,0 m breiter Fufsweg einschliefslich der Bordsteine	18,0 „
Die Kosten der Lehrgerüste einschliefslich der 15 m langen Jochpfähle und der ganzen Ein- und Ausrüstung betrugen bei der Langen Brücke (überwölbte Grundfläche 540 qm)	18600,0 „
bei der Dammbrücke, wo die Lehrgerüste zum zweiten Mal benutzt wurden und die Jochpfähle nur 10 m lang waren (überwölbte Grundfläche 648 qm)	9200,0 „

Die Gesamtkosten der beiden Bauausführungen lassen sich der noch nicht ganz beendigten Nebenanlagen wegen noch nicht genau feststellen, werden jedoch nicht mehr als 260000 ℳ bei der Langen Brücke und etwa 240000 ℳ bei der Dammbrücke betragen.

Die nachstehenden Angaben gelten nur für die eigentlichen Brückenbauwerke, ohne die Rampen und alle sonstigen Nebenanlagen, sowie ohne die Bauleitungs- und Insgemeinkosten. Der Unterbau ist bis zur Grundfläche des aufgehenden Pfeilermauerwerks = Oberkante Beton gerechnet, enthält also die Gründungskosten einschliefslich des Betonbettes; der Aufbau umfafst den gesamten obereren Theil der Brücken einschliefslich Pflasterung und Geländer.

A. Die Unterbauten.

Gegenstand		linker Landpfeiler	rechter Landpfeiler	beide Strompfeiler	zusammen
Die Lange Brücke.					
Kosten des Unterbaues . . .	ℳ	18600	12500	35700	66800
Grundfläche zwischen den Spundwänden	qm	77,4	77,4	102,0	
1 qm kostet	ℳ	240	162	350	
Tiefe der Rostpfähle unter Betonoberfläche	m	16,0	8,5	14,0	
Rauminhalt=Grundfläche×Tiefe	cbm	1236	657	1428	
1 cbm kostet	ℳ	15,1	19,0	25,0	
Es kommt 1 Rostpfahl auf . .	qm	1,07	1,07	0,85	
Die Dammbrücke.					
Kosten des Unterbaues . . .	ℳ	11300	12600	14700	38600
Grundfläche zwischen den Spundwänden	qm	93,8	93,8	109	
1 qm kostet	ℳ	121	134	135	
Tiefe der Rostpfähle unter Betonoberfläche	m	9,0	9,0	8,5	
Rauminhalt=Grundfläche×Tiefe	cbm	844	844	926	
1 cbm kostet	ℳ	13,4	14,9	15,9	
Es kommt 1 Rostpfahl auf . .	qm	1,50	1,50	1.32	

B. Die Aufbauten.

Gegenstand.		Lange Brücke	Damm-Brücke
Ganze Kosten	ℳ	91600	94000
Ueberwölbte Grundfläche der Oeffnungen	qm	540	648
1 qm kostet	ℳ	170	145
Ganze Länge einschliefslich der Widerlager	m	72,6	72,6
Breite zwischen den Stirnmauern . .	m	10,0	12,0
Oberfläche = Länge × Breite	qm	726	871,2
1 qm der Oberfläche kostet	ℳ	126	108
Höhe der Fahrbahn über Betonoberfläche durchschnittlich	m	6,4	6,4
Rauminhalt = Oberfläche × Höhe . .	cbm	4646	5576
1 cbm kostet	ℳ	19,7	16,9

Die geringeren Einheitskosten der Dammbrücke sind hinsichtlich des Unterbaues auf den besseren Baugrund zurückzuführen, indem hier die Rostpfähle nicht so lang genommen und nicht so dicht gestellt zu werden brauchten als bei der Langen Brücke. Bei den Aufbauten fallen insbesondere die Minderkosten der Lehrgerüste ins Gewicht, daneben bewirkt aber auch die gröfsere Fahrbahnbreite, dafs sich die von derselben unabhängigen Kosten der Flügel, Stirnmauern und Geländer auf eine gröfsere Fläche vertheilen.

Zum Schlufs darf noch erwähnt werden, dafs die Brücken einen leichten und gefälligen Eindruck machen, und dafs die Bogenform, welche nicht nach künstlerischen Gesichtspunkten willkürlich gewählt, sondern genau nach der günstigsten Druckvertheilung construirt worden ist, den Beifall der Beschauer gefunden hat.

Möge diese Veröffentlichung dazu beitragen, dafs der Gewölbebau bei uns häufiger angewandt und insbesondere die Art der Einrüstung und Ausführung der Gewölbe, welche jetzt noch etwas unbeholfen ist, mehr vervollkommnet werde.

G. Tolkmitt.

Der neue Wasserweg nach Rotterdam und die Leistungen der Bagger bei seiner Herstellung.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 58 bis 60 im Atlas.)

Zu keiner Zeit hat man so viel Mühe und Geld darauf verwandt, das den grofsen Weltverkehr tragende Seeschiff möglichst tief in das Binnenland zu führen, als in den letzten Jahrzehnten, nachdem man von dem Taumel erwacht war, der die ganze Welt infolge der grofsartigen Entwicklung der Eisenbahn und der dadurch hervorgerufenen Umgestaltung aller Verkehrsverhältnisse ergriffen hatte, und auch in weiteren Kreisen klar erkannte, dafs jede Verlängerung des Wasserweges in das Binnenland hinein und entsprechende Verkürzung der Eisenbahn die Frachtkosten und damit auch den Gesamtpreis der Waren wesentlich vermindert. Wieder wandte man den eine Zeit lang vernachläfsigten Wasserstrafsen, die Jahrhunderte hindurch allein den Massenverkehr bewältigt hatten, mehr Aufmerksamkeit zu und versuchte, sie den vornehmlich durch Einführung der Dampfkraft hervorgerufenen neueren Verhältnissen und den erhöhten Anforderungen an die Schnelligkeit des Verkehrs anzupassen. Dabei war eine der ersten Aufgaben des Ingenieurs, das Seeschiff möglichst weit in das Binnenland zu führen. Erst in allerneuester Zeit hat man damit begonnen, demselben durch künstliche Canäle neue Bahnen zu den Mittelpunkten der Gewerbthätigkeit und des Handels zu eröffnen; früher, und in erster Linie auch heute noch, war man bestrebt, die den grofsen Häfen als Zufahrtstrafsen dienenden Flufsmündungen theils durch richtige Benutzung der dem strömenden Wasser innewohnenden Kraft, theils durch künstliche Mittel so viel wie möglich zu vertiefen.

Eine der mit am frühesten begonnenen und heute in ihren Erfolgen am besten zu beurtheilenden Anlagen dieser Art ist der sogenannte „neue Wasserweg nach Rotterdam.“ Die hier erzielten Erfolge, die angewandten Mittel und die Leistungen der benutzten Werkzeuge einer näheren Besprechung zu unterziehen, erscheint um so zeitgemäfser, als auch in unserem engeren Vaterlande verschiedene Arbeiten dieser Art theils in Ausführung begriffen, theils für die nächste Zukunft wahrscheinlich sind. Ja man kann sogar behaupten, dafs durch die bis vor kurzem kaum erhofften Leistungen der neueren Bagger heute schon manche Aufgaben ins Auge gefafst werden können, an deren Lösung noch vor wenigen Jahren gar nicht zu denken war.

Vorweg mag bemerkt werden, dafs die Unterlagen zu dem folgenden Bericht einerseits mehreren Aufsätzen der ausländischen technischen Litteratur, insbesondere der holländischen „Tijdschrift van het Koninklijk Institut van Ingenieurs“, dem Werke „Der Hafen von Rotterdam“ von J. H. Neiszen und einem bisher nicht veröffentlichten Reisebericht des Wirklichen Geheimen Oberbaurathes Baensch in Berlin entnommen sind, anderseits mündlichen Mittheilungen der bei dem Werke betheiligten Ingenieure verdankt werden, denen der Verfasser hierfür seinen verbindlichsten Dank auszusprechen gern Gelegenheit nimmt.

I. Geschichtlicher Ueberblick der Entstehung des neuen Wasserweges.

Bis zu Anfang dieses Jahrhunderts hatte die natürliche, bei Brielle sich ins Meer ergiefsende Maasmündung eine genügende Tiefe, sodafs bis zu jener Zeit selbst die Schiffe mit gröfstem Tiefgang bequem nach Rotterdam gelangen konnten. Allmählich aber machte einerseits die stetig fortschreitende Verflachung und anderseits der vergröfserte Tiefgang den Schiffen die Einfahrt unmöglich. Der einzige nicht allzu fern liegende Ort mit einer genügend tiefen und sicheren Reede war Brouwershaven. Dort konnten die Schiffe einen Theil ihrer Ladung an Leichterfahrzeuge abgeben und dann mit geringerem Tiefgang ihre Fahrt entweder durch das Meer und die Maasmündung oder durch die Wasserstrafsen zwischen den Inseln hindurch nach Rotterdam fortsetzen. Da aber dieser Umstand den Handel der Stadt schwer schädigte und ihre Bedeutung als Seehafen stark in Frage stellte, so baute der Staat in den Jahren 1827 bis 1829 durch die Insel Voorne (vgl. die Uebersichtskarte*) Abb. 1 Blatt 58) einen 48 km langen Canal von Hellevoetsluis nach Nieuwesluis, welcher Schiffen von 70 m Länge, 14 m Breite und einem Tiefgange bis zu 5,6 m jederzeit die Durchfahrt gestattete.

In den fünfziger Jahren trat nun jener gewaltige, noch bis in die Gegenwart andauernde Umschwung im Schiffsbau und dem ganzen Seeverkehr ein, der die mit einander wetteifernden Häfen zur gänzlichen Umgestaltung zwang. Sollte Rotterdam seine alte Bestimmung als Umschlaghafen für die Rheinschiffahrt und das westliche Deutschland nicht verlieren, so mufste man auf Mittel sinnen, eine bequeme und leistungsfähige Schiffahrtstrafse herzustellen. Der Ingenieur Caland regte 1856 den Gedanken einer neuen Maasmündung an, dem 1857 durch Einsetzen eines Ausschusses von Ingenieuren zur Prüfung und Begutachtung der bis dahin gemachten sehr verschiedenartigen Vorschläge Folge gegeben wurde. Die Erwägung drehte sich hauptsächlich darum, an

*) In der Karte ist auch die gegenwärtig in der Ausführung begriffene Verlegung der Maas von Herzogenbusch abwärts eingetragen. Durch einen etwa 24 km langen Durchstich wird dem Strome ein neues Bett geschaffen, sodafs er künftig mit einheitlichem Schlauche in das Hollandsche Diep mündet.

welchem Punkte der neue Weg in die See ausmünden sollte. Es waren dafür die Brouwerhavensche, die Goedereedesche und die Briellesche Meeresbucht (vgl. die Karte Abb. 1 Blatt 58) ins Auge gefafst. Die ersten beiden Buchten hätte man nur durch einen mit Schleusen zu versehenden Canal erreichen können, und die Briellesche Bucht hätte sehr lange Hafendämme nöthig gemacht, weil der Strand an dieser Stelle sehr flach ist. Der Ingenieur Caland (jetzt Inspecteur en chef du Waterstaat) schlug daher vor, den nördlichen, „Scheur" genannten Arm der neuen Maas zu verfolgen und von dem Punkte an, wo der Flufslauf nach Südwest abbiegt, den Hoek van Holland zu durchstechen, weil man dadurch auf kürzestem Wege die See erreichen könne, dem Fluthstrom sowohl wie den einlaufenden Schiffen einen möglichst günstigen Weg schaffe und nicht lange Molen nöthig habe, um in genügende Tiefe zu kommen. Dieser Vorschlag fand die Zustimmung des Ausschusses und wurde durch Gesetz vom Jahre 1863 zur Ausführung bestimmt. Man hoffte, eine Tiefe von 7 m unter dem gewöhnlichen Fluthspiegel erzielen zu können, indem man den Haupttheil der Arbeit der Spülkraft des Ebbestromes zuwies. Der Aushub des neuen Durchstiches war nur für einen Canal von 50 m Breite und 3 m Tiefe unter dem gewöhnlichen Niedrigwasser berechnet, da man erwartete, dafs der Strom sich dann nach Sperrung seiner alten Mündung ein Bett von genügender Tiefe und Breite ausräumen würde, eine Voraussetzung, die später nicht in Erfüllung ging. Die gesamten Arbeiten zur Durchführung des Planes waren auf nur 6 300 000 Gulden (10 710 000 ℳ) veranschlagt worden.

II. Die Ausführung des neuen Wasserweges.

Bereits im März 1863 wurden die Arbeiten an Unternehmer vergeben, wie das in Holland bei allen gröfseren Bauausführungen allgemein üblich ist; aber die Verhandlungen des Grunderwerbes zogen sich so sehr in die Länge, dafs erst 1866 mit der Aushebung des Durchstiches vorgegangen werden konnte. Die wesentlichsten durch das Gesetz von 1863 vorgeschriebenen Arbeiten waren folgende:

1) die Regulirung der Maas von Krimpen, das etwa 10 km oberhalb Rotterdam liegt, bis unterhalb Vlaardingen;

2) die Herstellung eines Durchstiches durch die östliche Spitze der Insel Rozenburg, um die „Oude Maas" zusammen mit der „Nieuwe Maas" in das Scheur zu leiten;

3) der Ausbau des Flufsarmes Scheur zur Aufnahme der gesamten Wassermassen der vereinigten Flufsläufe;

4) die Anlage eines Durchstiches von etwa 4,5 km Länge durch den Hoek van Holland und Absperrung des alten Flufslaufes an der Abzweigung des neuen Durchstiches;

5) die Erbauung zweier Hafendämme, von denen der nördliche 2000 m, der südlichere 2300 m Länge erhalten sollte.

Die Normalbreite wurde nicht durch theoretische Berechnung auf Grund von Beobachtungen und Messungen ermittelt, sondern nach vorhandenen Breiten festgesetzt. Bei Vlaardingen hatte die regulirte Maas 450 m Breite. Davon ausgehend, setzte man die herzustellende Breite in der Weise fest, dafs sie von dort aus allmählich wachsen sollte bis zur Abzweigung des Durchstiches. Für diesen Punkt nahm man 550 m an und liefs die Breite von da ab gleichmäfsig bis auf 900 m zwischen den Molenköpfen zunehmen.

Im Jahre 1866 begann man nun zunächst damit, einen Canal von 10 m Sohlenbreite und 2 m Tiefe unter dem gewöhnlichen Niedrigwasser durch den Hoek herzustellen; 1868 war dieser beendet und damit eine neue Verbindung des Scheur mit der See geschaffen. Die Molen an der Mündung wurden nicht sofort in voller Ausdehnung ausgeführt, sondern die nördliche anfangs nur auf 800 m, die südliche auf 1150 m Länge; später wurden sie stückweise weiter gebaut, bis sie 1876 ihre volle Länge erreichten. Die Krone der Molen fällt vom Ufer aus, wo der Anschlufs bis über Sturmfluthhöhe aufgeführt ist, damit er nicht hinterspült und losgerissen werden kann, in sanfter Rundung bis auf etwa 1 m über dem Ebbespiegel. Der gewöhnliche Fluthwechsel beträgt rund 1,70 m an dieser Stelle. Nachdem dann 1870 der Canal auf 50 m Breite vergröfsert, und die alte Mündung durch einen Sperrdamm bis zur Höhe von 0,50, später 0,60 über Niedrigwasser abgeschlossen war, begann der Strom mit aller Macht die Ausräumung seines neuen Bettes. In einem Jahre soll die Strömung nicht weniger als 5 Millionen Cubikmeter Boden fortgeführt haben. Die Beschaffenheit der neuen Mündung am Ende dieses ersten Bauabschnittes giebt der Lageplan vom Jahre 1872 (Abb. 2 Blatt 58) an.

Obgleich die verlangte Tiefe und Breite noch nicht vorhanden war, wurde der neue Weg 1871 der Schiffahrt eröffnet. Am 10. Juli jenes Jahres fuhren die ersten Schiffe und zwar die Fischerboote „Toekomst" und „William Stuart" durch den Durchstich; ihnen folgte am 9. März 1872 das erste Dampfschiff „Richard Joung" von 3 m Tiefgang. Wie sich seitdem der Schiffsverkehr entwickelt, welche Ausdehnung er angenommen hat, wird in einem späteren Abschnitt ausführlicher behandelt werden.

Man wartete nun einige Jahre ruhig ab, wie sich der neue Weg, vornehmlich der neue Durchstich, ausbilden würde, sah aber bald ein, dafs die Spülkraft des ausgehenden Ebbestromes allein eine Fahrrinne von genügenden Abmessungen unter den vorliegenden Verhältnissen nicht herstellen würde. Ein grofser Theil des aus dem Durchstich fortgeführten Bodens hatte sich zwischen den Molen abgelagert, was um so erklärlicher war, als hier der enge Querschnitt des Durchstichs von etwa 250 m Breite plötzlich auf 900 m überging. 13 Millionen Gulden oder rund 22 Millionen Mark hatte man für den Durchstich, die Molenbauten und Stromregulirungen — die Vereinigung der alten und neuen Maas war bis auf weiteres verschoben — ausgegeben, ohne den beabsichtigten Zweck zu erreichen.

Genauere Aufnahmen im April 1877 ergaben als damaligen Zustand den in Abb. 3 Blatt 58 gezeichneten. Es hatte sich zwar in dem neuen Durchstich eine schmale Rinne von mehr als 7 m Tiefe bis auf eine Entfernung von 1200 m von den Molenköpfen ausgebildet, aber die Bank zwischen den Köpfen liefs an der nördlichen Mole nur eine Tiefe von 3 m bei dem gewöhnlichen Niedrigwasser oder, da der Unterschied der Wasserstände bei Ebbe und Fluth rund 1,70 m beträgt, von 4,70 m bei Fluth übrig, sodafs Schiffe mit gröfserem Tiefgang für gewöhnlich nicht einlaufen konnten. Durch Gesetz vom 30. Mai 1877 wurde daher beschlossen, diese Bank durch Baggerung zu beseitigen. Aber darauf allein beschränkte man sich um so weniger, als man die Erfahrung machte, dafs die künstlich hergestellte Rinne

sehr bald wieder versandete. Wieder wurde wie bei dem ersten Entwurf ein besonderer Ausschufs eingesetzt, um nach den Gründen der Versandung zu forschen und der Regierung Vorschläge zur Abhülfe zu unterbreiten. Nach sorgfältigen Vorarbeiten legte der Ausschufs einen einheitlichen Arbeitsplan vor, dessen Durchführung einschliefslich der Regulirung der Maas bis Krimpen 30 Millionen Gulden (51 Millionen Mark) kosten sollte. Die Stadt Rotterdam verpflichtete sich, zu diesen Kosten 10 v. H. bis zum Höchstbetrage von 5 100 000 ℳ beizusteuern. Der Ausschufs ging dabei von der Ansicht aus, dafs man endgültig und für alle Zeit mit dem bei den früheren Kostenanschlägen angewandten Grundsatz brechen müsse, dafs die Fahrrinne durch die natürliche Kraft des Stromes ausgebildet werden könne, sondern sich einzig und allein auf künstliche Mittel verlassen dürfe. Gewifs ist dieses Urtheil ein sehr vorsichtiges, ob es aber heute noch, nachdem die Erfahrung auf diesem Gebiete wesentlich bereichert ist, als zweckmäfsig anerkannt werden kann, möge dahingestellt bleiben.

Inzwischen hatte sich an der Einfahrt vieles verändert, einerseits durch die Strömung, anderseits durch die ausgeführten umfassenden Baggerungen. Im Jahre 1877 war nämlich die Beseitigung von 5 170 000 cbm Boden in dem Durchstich und von 700 000 cbm auf der Bank zwischen den Köpfen vergeben worden und auch sehr kräftig betrieben. So wurden in der Zeit vom Mai 1878 bis December 1879, also in 19 Monaten, rund 700 000 cbm Baggergut gefördert, was eine durchschnittliche Monatsleistung von rund 37 000 cbm bedeutet, eine Leistung, die in Anbetracht der schwierigen Verhältnisse und bei der Abhängigkeit von günstigem Wetter gewifs sehr anerkennenswerth ist. Man suchte durch die Baggerung auf der Barre den Ebbestrom vom rechten Ufer aus mehr nach der Mitte zum Angriff auf die vorliegende Sandbank zu leiten, und wirklich bildete sich auch mehr nach der südlichen Mole hin eine tiefere Rinne aus, die sogenannte „Westfahrt“ (vgl. Abb. 4 Blatt 58).

Wo im Jahre 1877 nur 2 m Tiefe unter Niedrigwasser vorhanden war, hatte man 1880 schon 3,20 m, sodafs diese neue Strafse mit Seezeichen versehen und der Schiffahrt freigegeben werden konnte. Auch in dem Durchstich selbst hatte sich das Fahrwasser bedeutend verbreitert. Die starke Versandung an der Mündung schob man mit vollem Recht in erster Linie der zu grofs angenommenen Breite zu und begann zur Durchführung des Umgestaltungsplanes 1882 damit, die Breite von 900 m zwischen den Molen durch Anlage eines neuen Dammes an der Südseite auf 700 m einzuschränken. Diese Verkleinerung des Querschnitts hatte im Verein mit starken Baggerungen den Erfolg, dsfs schon im Herbst 1883, wie aus dem Lageplan Abb. 5 Blatt 58 hervorgeht, eine Rinne von 5 bis 6 m Tiefen zwischen den Molenköpfen vorhanden war, die nur auf eine kurze Strecke durch eine flachere Stelle von 4,5 m Tiefe unterbrochen wurde. Schon im Frühjahr 1884 hatte man 5,50 m unter dem gewöhnlichen Niedrigwasser erreicht, die sodann noch bedeutend vergröfsert wurden. Die geringste Tiefe zwischen Maassluis und dem Hoek van Holland betrug 1887 nach dem Lageplan und Längenprofil Abb. 1 Blatt 59 etwa 6,80 unter dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels (N. N.). Da an der Maasmündung das gewöhnliche Niedrigwasser bei Ebbe ungefähr 0,70 unter, und das gewöhnliche Hochwasser bei Fluth 1,00 über N. N. gerechnet werden kann, so bedeutet das eine nutzbare Wassertiefe von 6,10 bezw. 7,80 m. Dabei hatte das Fahrwasser Ende 1887 bis zu einer Tiefe von 5,50 bis 7,20 an keiner Stelle eine geringere Breite als 130 m.

Das Längenprofil giebt aufserdem an, was man durch Baggerungen und sonstige Arbeiten bis zum Jahre 1891 zu erreichen strebte. Die für die Schiffahrt gegenwärtig bestimmende Beschaffenheit geben die beiden auf Blatt 58 in Abb. 6 und Abb. 7 dargestellten Lagepläne an, welche nach den Peilungen vom October 1889 gezeichnet und für die Seeleute herausgegeben sind. Die eingeschriebenen Tiefenzahlen sind auf das gewöhnliche Hochwasser bezogen. Nach diesen Plänen ist die geringste Tiefe zwischen der See und Maassluis 27′ 7″ engl. oder rund 8,4 m und zwischen Maassluis und Rotterdam 26′ 11″ oder 8,20 m. Da die Fahrt von See bis Rotterdam 2 bis 3 Stunden beansprucht, so ist es Schiffen von nicht mehr als 7 m Tiefgang bequem möglich, während ein und derselben Gezeit den Hafen zu erreichen. Falls jedoch Schiffe entweder wegen zu grofsen Tiefganges oder, weil sie die Zeit nicht richtig abgepafst haben, mit einer Fluth nicht bis Rotterdam oder von dort bis zur See gelangen können, ist ihnen Gelegenheit geboten, sich westlich von Vlaardingen an Dalben festzulegen, da dort auch bei Ebbe genügende Tiefe vorhanden ist, und das nächste Hochwasser abzuwarten. Nöthigenfalls können sie auch hier einen Theil der Ladung löschen oder den Rest der Ladung einnehmen.

Diesen so bedeutenden Erfolg hat man in erster Linie durch die in grofsartigstem Mafsstabe ausgeführten Baggerungen erreicht. Selbstverständlich hat man die von der Natur gegebene Spülkraft des Ebbestromes, der namentlich nach hohen Sturmfluthen sehr wirksam ist, durch zweckmäfsige Leitung der Strömung soviel wie möglich auszunutzen gesucht, aber, um schnell und sicher zum Ziele zu gelangen, sich nicht gescheut, ganz bedeutende Geldmittel zur künstlichen Austiefung aufzuwenden. Auch in wissenschaftlicher Beziehung sind dabei Fortschritte gemacht worden, denn man hat nicht allein Proben mit verschiedenen Werkzeugen und Maschinen ausgeführt, um ihre Leistungsfähigkeit durch Vergleich festzustellen, sondern auch bedeutende Verbesserungen an den Baggern gemacht und Erfahrungen gesammelt wie wohl an keinem anderen Orte.

III. Die angewandten Bagger und ihre Leistungen in neuerer Zeit.

Die vor 1882 ausgeführten Baggerungen sind weniger bemerkenswerth, denn, obgleich man auch vor dieser Zeit bedeutendes geleistet und auch schon mit Pumpenbaggern gearbeitet hatte, waren doch nicht so aufserordentliche Schwierigkeiten wie später zu überwinden gewesen, weil die Baggerungen in der Nordfahrt im Schutze der nördlichen Mole ausgeführt werden konnten, welche die Kraft der widrigsten Winde zum grofsen Theil aufhob und es ermöglichte, dafs sogar gewöhnliche Eimerbagger eine genügende Anzahl von Arbeitstagen fanden. Aufserdem hatte es sich bei der Nordfahrt nur darum gehandelt, die Schiffahrt überhaupt möglich zu machen. Die künstliche Vertiefung konnte daher auf das dringendst nothwendige beschränkt werden.

Ganz anders lagen die Verhältnisse 1882. Die „Westfahrt“ war durch ihre Lage mitten zwischen den Molenköpfen allen Windrichtungen von West-Süd-West bis Nordost und dem heftigsten Seegange ausgesetzt, und hier wollte man binnen kurzer Zeit die im Gesetz vorgesehene Tiefe herstellen. Von April 1882 bis September 1883, also in 18 Monaten, sollten 400 000 cbm, d. i. durchschnittlich 22 000 cbm monatlich, beseitigt werden, während nach den früheren Erfahrungen nur auf eine recht beschränkte Anzahl von Arbeitstagen gerechnet werden konnte. Mit den früheren Pumpenbaggern hatte man bis zu einer Dünung von 65 cm als äufserste Grenze arbeiten können. Man verlangte nun, dafs die Bagger ihre Wirksamkeit bis 80 cm Seegang, und zwar gemessen zwischen Wellenberg und Wellenthal, erstrecken könnten, und um es den Unternehmern möglich zu machen, Verbesserungen an den Arbeitsgeräthen anzubringen und zu erproben, gestattete man bei der Verdingung, dafs die Inangriffnahme des Werkes bis zu sechs Monaten nach Ertheilung des Zuschlags hinausgeschoben werden dürfe. Unter den dortigen Verhältnissen und den gemachten Erfahrungen konnten von den bekannten Werkzeugen überhaupt nur in Frage kommen:

a) der Eimerbagger, der aber wegen des schweren Seeganges hätte selbstladend eingerichtet werden müssen;

b) Priestmans Krahnbagger;

c) hydraulische Baggereinrichtung von Bruce und Batho (beschrieben im Engineering vom 19. October 1883);

d) Pumpenbagger.

Wie schon bemerkt, war der gewöhnliche Eimerbagger nicht anwendbar, denn er kann nur bis 30 cm Dünung in Thätigkeit bleiben, nimmt mit den an der Langseite liegenden Prähmen viel Platz in der Schiffahrtstrafse ein und mufs sich stets bei Anzeichen des Eintritts schlechten Wetters eiligst an einen sicheren Ort zurückziehen, um nicht selbst in Gefahr zu kommen. Eimerbagger aber so einzurichten, dafs sie selbst die Baggermasse aufnehmen, nach See bringen und dort löschen können, wäre der grofsen Maschineneinrichtung wegen viel zu theuer geworden.

Mit dem Priestmanschen Krahnbagger hatte man schon 1881 einen Versuch gemacht, und zwar einen im Trocknen an der Südseite des Durchstichs, und einen unter Wasser in der Westfahrt, wo er bis zu 6 oder 7 m die Sohle räumen sollte. In beiden Fällen stellten sich die Ergebnisse recht ungünstig; bei der Wirksamkeit im Trocknen wurde sogar die Maschinenarbeit theurer als die Handarbeit. Hauptschuld an dem Mifserfolge trug der Umstand, dafs einmal zu viel Zeit verloren ging zwischen dem Füllen des Gräbers und dem Ausschütten, und dafs zweitens der Gräber zuweilen gar keinen oder unzureichend Boden gefafst hatte. Da alle Sorten der Gräber von dem leichtesten bis zum schwersten versucht wurden, so konnte man auch nicht der falschen Wahl des Gräbers die Schuld beimessen, eben so wenig wie mangelhafter Bedienung, denn der Verfertiger hatte seine eigenen Maschinisten mitgeschickt. Damit soll aber nicht etwa dieser Bagger an und für sich herabgesetzt werden, denn unter anderen Umständen, z. B. in schwerem thonigen oder mit vielen Steinen durchsetztem Boden, kann er allein von allen bekannten Arbeitsmaschinen dieser Art verwandt werden, wenn seine Arbeit auch theuer sein wird.

Noch weitere Versuche mit anderen Werkzeugen zu unternehmen, konnte man füglich unterlassen, da die schon früher angewandten Pumpenbagger sich für den Zweck bewährt hatten und hoffen liefsen, dafs ihre Leistungsfähigkeit durch weitere Verbesserungen noch gesteigert werden könne. Da die Pumpenbagger in der heimischen Fachlitteratur bisher wenig besprochen worden sind, so mögen hier einige Angaben über die Entstehung und Entwicklung derselben folgen.

Pumpenbagger Fives Lille

(mit Zeichnungen auf Blatt 60, Abb. 1 bis 6).

Auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1878 befand sich das Modell zu einem Bagger, der ganz neue Gesichtspunkte in seiner Construction zeigte. Er war nach Angabe der Ingenieure Plocq und Guillain zu dem Zwecke erbaut worden, auf der Barre vor dem Hafen Dünkirchen, die in ihrer Lage weit vor dem Hafenmunde nicht mehr genügend von dem schon künstlich verstärkten Spülstrome angegriffen wurde, eine hinreichend tiefe Fahrrinne herzustellen. Alle bis dahin verwandten Arbeitsmaschinen hatten sich als unzureichend erwiesen, weil hier meist so starker Seegang herrschte, dafs die gebräuchlichen Bagger nichts ausrichten konnten. Es galt also, ein Werkzeug zu erfinden, dessen Thätigkeit auch durch heftigeren Seegang nicht lahm gelegt wurde. Die genannten beiden Ingenieure lösten diese Aufgabe mit vielem Geschick. Die Bauanstalt Fives Lille führte die angegebene Construction aus und gab dem neuen Bagger ihren Namen. Er arbeitete seit Juli 1878 vor Dünkirchen und bewährte sich so gut, wie man es nur von einem neuen, nach rein theoretischer Berechnung gestalteten Geräthe verlangen kann. Baggermaschine und Baggerprahm sind bereits in einem als seetüchtiger Schraubendampfer ausgebildeten Schiffe vereinigt, eine Einrichtung, deren grofse Wichtigkeit und ausschlaggebende Bedeutung im Verlaufe der Darstellung genügend klar werden wird. Die Länge des Schiffes beträgt 45 m, die Breite 7,7 m und der Tiefgang im leeren Zustande 2,60 m, im beladenen Zustande 3,10 m. Der Laderaum fafst 250 cbm. Die Wirksamkeit erstreckt sich bis auf 8,5 m unter dem Wasserspiegel. Der Länge nach zerfällt der Schiffsraum in folgende Abtheilungen: Heck-, Maschinen-, Kessel-, Lade- und Bugraum. Zur Krafterzeugung dient eine Woolfsche Maschine von 150 Pferdekräften mit 100 Umdrehungen in der Minute. Dieselbe treibt, je nachdem die Kupplung gestellt ist, entweder die Baggerpumpen oder die Schiffsschraube zur Fortbewegung des Dampfers.

Der sowohl diesem wie allen weiterhin zu beschreibenden Pumpenbaggern gemeinschaftliche Grundgedanke ist der, dafs eine genügend gesättigte Mischung von Wasser und festen Stoffen durch kräftige Kreiselpumpen in Abflufsröhren gefördert wird, welche zu dem Laderaum führen. Der Fives Lille hat zu dem Zweck neben dem Kesselraum zu jeder Seite des Schiffes etwas unter Deck eine Kreiselpumpe *c* (siehe Abb. 1, 2 und 4 Blatt 60). Von jeder Pumpe aus geht das Saugrohr *s* normal durch die Schiffswandung hindurch, um hier sofort im rechten Winkel abzubiegen. An den Krümmer schliefst sich sodann ein 2 m langer Gummischlauch an, welcher dem Saugrohr nicht nur eine Drehung in der lothrechten Ebene, sondern auch die des Seeganges wegen nöthige Bewegung in jeder geneigten Ebene gestattet.

Dem Gelenkstück folgt ein 7 m langes Flanschenrohr, darauf wieder ein Gelenkstück und schliefslich der Saugkopf. Letzterer hängt an einer über einen Ausleger durch Rolle geführten Kette und kann durch diese gehoben und gesenkt werden. Um den Boden unter dem Saugkopfe aufzulockern, ihn in die Röhre hineinzutreiben und zugleich, um die Saugwirkung der Pumpe zu erhöhen, ist hier noch eine besondere Einrichtung getroffen. Durch die Kreiselpumpen *d* (siehe Abb. 1 Blatt 60) wird Wasser in einen gemeinschaftlichen Windkessel *w* getrieben und auf eine Spannung von etwa 3 m gebracht. Mit dem Saugrohr durch gemeinschaftliche Flanschen verbundene Röhren leiten es von hier aus dem Saugkopfe zu in eine ringförmige Kammer (vgl. Abb. 5 Blatt 60). Von dieser aus führen drei feine Canäle zum unteren Rande und lassen das Druckwasser so austreten, dafs die Strahlen den Boden unter etwas spitzem Winkel treffen, ihn aufreifsen und in die Baggerröhre hineintreiben. Aufserdem befindet sich am oberen Ende der Kammer ein ringförmiger Schlitz, aus welchem ein aufwärts gerichteter Strahl herausgeprefst wird, in ähnlicher Weise, wie bei einer Dampfstrahlpumpe, das Wasser mit sich reifst und so die Saugewirkung erhöht.

Diese Einrichtung wurde sehr bald abgeändert. Man verlegte die Kammer für das Druckwasser an das obere, fest mit der Schiffswandung verbundene Ende der Saugröhre. Von hier aus führten sodann kupferne Röhren von sehr viel kleinerer Lichtweite mit zwischengeschalteten Gelenkstücken nach dem Saugkopfe. Man sah sich zu dieser Aenderung veranlafst, weil der starke Druck die weiten, auch sonst recht ungünstig beanspruchten Röhren zu sehr angriff, schnell zerstörte und dadurch bedeutende Zeitverluste häufig in der besten Arbeitszeit verursachte. Der umgestaltete Saugapparat ist im einzelnen in Abb. 5 Blatt 60 dargestellt.

Nachdem das Baggergut durch die Kreiselpumpen in die Ausflufsröhren *a* gefördert ist, gelangt es durch dieselben in den durch Querwände in sechs Abtheilungen zerlegten Laderaum. Um die Masse möglichst gleichmäfsig in die einzelnen Kammern zu vertheilen, nimmt der Querschnitt des Ausflufsrohres nach vorn zu sprungweise ab. Später zerlegte man das Ablaufrohr durch Zwischenwände in einzelne Laufcanäle, die durch Schieber abgesperrt werden konnten. Diese Anordnung bewährte sich jedoch nicht, da in den engen Canälen jeder etwas gröfsere Gegenstand sitzen blieb und Verstopfungen herbeiführte.

Der Bagger förderte vor Dünkirchen in der Minute etwa 25 cbm Mischung mit einem geringsten Sandgehalt von 0,5 und einem gröfsten von 10,5 cbm. Die Nutzleistung schwankte je nach Umständen, als Windrichtung, Seegang und Bodenart, sehr erheblich. Die Stundenleistungen gingen von 50 bis 120 cbm. Wenn Wind- und Stromrichtung ziemlich zusammenfielen, konnte Fives Lille bis etwa 0,80 m Dünung arbeiten; dagegen hörte seine Wirksamkeit schon bei 0,40 m Dünung auf, sobald Wind und Strom in rechtem Winkel zu einander auftraten. Im Laufe von 5 Monaten hatte der Bagger 25 240 cbm Sand fortgeschafft, also durchschnittlich 5048 cbm im Monat. Die kleinste Monatsleistung betrug 3312 cbm, die gröfste 6317 cbm. Durch seine Thätigkeit von $2^1/_2$ Jahren beseitigte Fives Lille eine Schicht von etwa 0,70 m Stärke auf der Barre vor Dünkirchen und verbreiterte zugleich das Gatt ganz bedeutend.

Erster Versuchsbagger für Holland

(Abb. 7 und 8 auf Blatt 60).

Ziemlich zu derselben Zeit wurde für den neuen Maasdurchstich am Hoek van Holland und für die Einfahrt zum Nordseecanal bei Jymuiden ein Pumpenbagger von dem englischen Ingenieur Dorton Hutton entworfen und durch die Grofsunternehmer Bos und Volker und die Schiffswerft J. und K. Smith in Kinderdyk bei Dordrecht ausgebildet und weiter vervollkommnet.*) Der erste Versuch wurde mit einer alten holländischen Kuff gemacht, die man durch Anbringung einer Saugvorrichtung zu einem Bagger umgestaltete. Der eigentliche Schiffsraum nimmt den Dampfkessel und die Dampfmaschine auf, während der Saugapparat mittels eines grofsen Spreizbockes vor das Schiff gehängt ist, sodafs er, um eine wagerechte Achse schwingend, durch die Kette, welche über eine am Ausleger befestigte Rolle läuft, von der Winde aus gehoben und gesenkt werden kann. Das Saugrohr ist 7,3 m lang, 0,47 m im lichten weit. Zweckmäfsig angebrachte Zugstangen versteifen es in einfachster Weise. Am unteren Ende hat es weiter keine Vorrichtung zum Aufwühlen oder Auflockern des Bodens, sondern ist nur mit einem Kreuz versehen, um das Eindringen zu grofser Gegenstände zu hindern. Am oberen Ende trägt das Saugrohr eine Kreiselpumpe einfachster Consruction. Die beiden Flügel haben einen Durchmesser von 1,48 m bei 0,275 m Breite, während das umschliefsende Gehäuse 1,63 m Durchmesser und 0,30 m Breite hat, sodafs ein ziemlich bedeutender Zwischenraum zwischen den Pumpenflügeln und der Wandung frei bleibt. Diese Einfachheit und der grofse Spielraum in der Pumpe haben sich als Vorzug erwiesen, denn sie gestatten selbst gröfseren Gegenständen den Durchgang, wie Holzstücken, Steinen u. dergl.; einmal wurde sogar ein 6 m langes Tau zu Tage gefördert, ohne dafs der Gang des Baggers gestört wurde. Die die Kreiselpumpe treibende Welle ist in der Achse des Saugrohrs weiter geführt und trägt ein kegelförmiges Getriebe, das durch Riemscheiben in Bewegung gesetzt wird. Die Welle ist in der Mitte eines nach allen vier Seiten gleichmäfsig ausgebildeten Trägers gelagert, der auf der Oberseite zugleich das Ablaufrohr trägt. An den Krümmer des Ablaufrohres werden mit Zwischenschaltung beweglicher Stücke Röhren angesetzt, die das Baggergut in die nebenliegenden Prähme leiten. Das ganze Werkzeug war recht roh gearbeitet und sah etwas unbeholfen aus, soll aber recht gute Erfolge gezeitigt haben, insbesondere gestattete die eigenthümliche Gestaltung des Auslegers das Eindringen des Saugrohres in alle Winkel und Ecken.

Nachdem durch diesen Versuchsbagger der Beweis erbracht war, dafs die angewandten Grundsätze richtig seien und eine wirthschaftlich günstige Arbeit ermöglichen, ging man dazu über, auf Grund der gemachten Erfahrungen eigene Pumpenbagger zu bauen. Der erste dieser Gattung erhielt den Namen Adam I. Zwei, genau so wie bei dem Versuchswerkzeuge gestaltete Saugvorrichtungen wurden hier in zwei

*) Wer als Urheber des Gedankens, die Kreiselpumpe für Baggerzwecke zu verwenden, die erste Anregung zu derartigen Versuchen gegeben hat, ist dem Verfasser nicht bekannt; er beschränkt sich daher lediglich auf die Mittheilung von Thatsachen in der Reihenfolge, wie sie bekannt geworden sind, weit entfernt davon, dem Erfinder seinen wohlverdienten Ruhm irgendwie schmälern oder Schiedsrichter sein zu wollen.

in der Längsachse des Schiffes ausgesparten Schlitzen untergebracht. Sie konnten sowohl zusammen als auch einzeln arbeiten. Der Ausfluſs in die Prähme war zu jeder Seite möglich.

Ein weiterer Versuch zur Ausgestaltung des Pumpenbaggers, der zu gleicher Zeit mit dem Geopotes gemacht wurde, kann hier übergangen werden, da besonders neue und fruchtbare Gedanken an ihm nicht zum Ausdruck kamen. Die Kreiselpumpe war mitschiffs aufgestellt, und das Saugrohr an die Auſsenwand verlegt worden und zwar mit dem Kopf nach dem Bug, sodaſs es bei der Fahrt jedesmal abgenommen werden muſste.

Pumpenbagger Adam II (Abb. 2 bis 4 Blatt 59).

Bald darauf wurde für die Arbeiten am Hoek ein zweiter Bagger im wesentlichen nach Art des Adam I, nur von etwas gröſseren Abmessungen gebaut, Adam II, von 33,3 m Länge, 7,95 m Breite und von Kiel bis Gangbord 3,20 m hoch. Zur Aufnahme des Saugrohres ist in der Mittelachse des Schiffes ein Schlitz angelegt, in welchem das Rohr lothrecht auf- und abbewegt werden kann durch eine zur Dampfwinde des Vorderdecks führende Kette. Um die Bewegung zu ermöglichen, enthält das Rohr zwei Theile, die durch ein biegsames Stück aus Leder mit innerer eiserner Spirale verbunden sind. Ungefähr auf die Mitte des Rohres ist ein kleiner, durch den Schlitz hindurchreichender Mast mittels eines Schuhes aufgesetzt. Wenn das Fahrzeug schlingert, so wird die Windseite des Schlitzes gegen den Mast gepreſst, um so ein Abreiſsen des Saugrohres zu verhüten, was sich aber als nicht ausreichend herausstellte. Der Kopf des Saugers hat keinerlei Schneidwerkzeuge, sondern ist lediglich durch ein Gitter von gekreuzten Stäben gegen das Eindringen zu groſser Gegenstände geschützt. Das Saugrohr führt unmittelbar zu der Kreiselpumpe. Diese hat 1,6 m Durchmesser und wird durch ein einfaches Zahnradgetriebe bewegt. Das treibende Zahnrad ist auf eine unter dem Kessel durchgeführte, mit der Schiffsachse gleichlaufende Welle aufgekeilt. Dieselbe Welle dient zugleich nach Umschaltung der Kupplungen zur Drehung der das Schiff fortbewegenden Schraube. Auf Deck spaltet sich das Ausfluſsrohr der Pumpe in zwei Zweige, von denen jeder in einen der beiden neben dem Längsschlitz liegenden Laderäume führt und durch ein Ventil abgeschlossen werden kann, um eine gleichmäſsige Vertheilung des Baggergutes in die beiden Seitenkammern zu ermöglichen. Die Laderäume sind mit Bodenklappen für das Löschen versehen und haben zusammen 139 cbm Fassungsraum. Die alle Bewegungen hervorbringende Dampfmaschine hat nominell 35 Pferdekräfte. Wenn das Werkzeug in Thätigkeit ist, liegt es allein vor dem Buganker, während das Abtreiben durch richtige Stellung des Steuerruders verhindert wird. Durch die Kreiselpumpe wird eine Mischung von Sand und Wasser im Verhältniſs von 1 : 6 bis 1 : 10 in die Laderäume gefördert. Der Sand sinkt hier nieder und das überschüssige Wasser läuft durch kleine verschlieſsbare Löcher im Gangbord ab. Wirft die Pumpe eine Mischung mit zu wenig Sandgehalt aus, so wird das Schiff etwas angeholt und das Saugrohr weiter herabgelassen; bei zu groſser Sandzufuhr, die leicht an dem schweren Gang der Maschine zu erkennen ist, verfährt man umgekehrt. Die Laderäume werden durchschnittlich in $^3/_4$ Stunden gefüllt. Beim Aufwinden des Saugrohres darf die Pumpe nicht zu früh abgestellt werden, vielmehr muſs vorher das Rohr vollständig ausgereinigt sein, weil sich sonst der darin befindliche Sand in der Pumpe niederschlägt und ein Abnehmen des Deckels nothwendig macht. Sodann dampft der Bagger etwa 5,5 km weit in See hinaus zum Löschen seiner Ladung, wobei ein vom Staate angestellter Beamter ihn begleitet, um darüber zu wachen, daſs nur an den fest bestimmten Plätzen gelöscht wird. Das Ausfahren, Löschen, Zurückkehren und Verankern an der Arbeitsstelle dauerte ungefähr 2 Stunden, sodaſs im ganzen für einen Baggergang etwa $2^3/_4$ Stunden erforderlich waren. Durchschnittlich machte Adam II täglich 4 Baggergänge, förderte also 4 . 139 = rund 550 cbm. Im Jahre 1879 beseitigte er im ganzen 96 220 cbm an 165 Arbeitstagen oder im Tagesdurchschnitt 583 cbm.

Im Jahre 1880 wurde ein zweiter, genau ebenso eingerichteter Pumpenbagger gebaut, aber von etwas gröſseren Abmessungen, um mehr Standfähigkeit bei höherem Seegange und gröſsere Laderäume zu erzielen. Bei einem Tiefgang von 3,5 m in beladenem Zustande konnte er 212 cbm aufnehmen. Er erhielt den Namen „Adam III" und wurde zuerst 1881 bei Jymuiden versucht. Bei der unter ziemlich günstigen Umständen vorgenommenen Probe erforderten die einzelnen Vorgänge folgenden Zeitaufwand:

Verankern am Arbeitsplatze		7 Minuten
Senken des Saugrohres und Ansetzen der Pumpe		8 „
Füllen der Laderäume mit 212 cbm und Aufholen des Saugrohres		38 „
Lichten der Anker und Klarmachen zur Abfahrt		7 „
Zeit für das ganze Ladegeschäft		60 Minuten
Ausfahren auf 2,5 km Entfernung	20 Min.	
Oeffnen der Bodenklappen . . .	1 „	
Löschen während der Rundfahrt	7 „	
Rückkehr zum Arbeitsplatz . .	20 „	
Zeit für Fahrt und Löschen		48 „
Dauer des Baggerganges		108 Minuten.

In $1^3/_4$ Stunden wurden demnach 212 cbm gebaggert und auf etwa 2,5 km fortgeschafft. Bei höherem Seegange brauchte der Bagger zwar erheblich mehr Zeit, aber auch bei schlechterem Wetter machte er täglich drei Fahrten, die eine Leistung von 636 cbm ausmachen. Mit Maschine und allem Zubehör kostete der Bagger 44 000 Gulden = rund 75 000 ℳ.

Schnell hintereinander wurden nun zur Ausführung der beabsichtigten groſsen Räumungsarbeiten in dem neuen Wasserwege mehrere Bagger dieser Art erbaut, jedoch mit einigen Neuerungen, welche die inzwischen gesammelte Erfahrung an die Hand gab. Der auf groſse Länge in der Mittelachse des Schiffes durchgehende Schlitz zur Aufnahme des Saugrohres erschwerte die Construction und beeinträchtigte die Festigkeit des Schiffskörpers; zudem hatte der kurze, am Saugrohr angebrachte Mast das Abreiſsen des Rohres nicht immer verhüten können. Man verlegte daher das Saugrohr an die Auſsenseite und erreichte damit noch den weiteren Vortheil, daſs sich ein einziger zusammenhängender Laderaum ergab, der irgend welche Aufmerksamkeit beim Laden nicht mehr erforderte. Bei heftigem Seegange konnte durch das Saugrohr

nur noch die eine Schiffswand beschädigt, die Ausbesserung hier aber leichter vorgenommen werden, da sie bequemer zugänglich ist. Man führte zwei Arten dieser Bagger aus, eine gröfsere mit einem Fassungsraum von 244 cbm und eine kleinere mit einem solchen von 160 cbm. Die Dampfkessel sind auf einen Druck von $5^1/_3$ Atm. eingerichtet, das Schaufelrad der Kreiselpumpe hat 1,85 m Durchmesser bei 25 cm Breite, bezw. 1,65 m Durchmesser und 22 cm Breite. Im übrigen ist die Einrichtung dieser neueren Bagger aus den Abbildungen 5 bis 8 auf Blatt 59 ersichtlich. Die Umdrehungszahl ist bei beiden Arten 120 in der Minute.

Bei einem später für Ostende erbauten Bagger vergröfserte man den Laderaum bis auf 300 cbm und gegenwärtig arbeiten am Hoek van Holland sogar Bagger von 518 cbm Inhalt bei 3,5 m Tiefgang. Die Leistungsfähigkeit ist durch den gröfseren Laderaum bedeutend gesteigert, weil die Zeit für das Lösen und Laden des Bodens immer noch verhältnifsmäfsig gering ist gegen den Aufwand für die Nebenarbeiten und das Fortschaffen.

In der Zeit vom März 1882 bis October 1883 hatten die einzelnen Bagger folgende Leistungen aufzuweisen:

Name des Baggers	Arbeitstage	Tage, an denen wegen schlechten Wetters nicht gearbeitet wurde	Tage für Ausbesserungen	Es wurden gebaggert: in der Westfahrt cbm	zwischen den Molenköpfen cbm	im Durchstich cbm	im ganzen cbm	Durchschnittliche Tagesleistung cbm
Maasmond VII	418	15	61	102 500	63 000	58 400	224 000	536
„ VIII	404	17	79	93 000	57 200	56 400	206 600	511
„ X	321	8	166	87 200	53 300	39 800	180 300	562
Adam V	371	13	45	22 300	168 700	67 000	254 000	695
„ VI	285	7	51	102 000	64 200	41 800	212 000	730

Aus einem Wochenberichte vom Mai 1890 seien noch folgende Zahlen angeführt:

Ein Bagger der gröfseren Art förderte:

in Stunden	4	$4^1/_2$	$2^3/_4$	6	$2^3/_4$	$5^3/_4$
cbm	912	474	920	676	948	737,

ein anderer Bagger in derselben Woche:

in Stunden	3	$4^3/_4$	$2^3/_4$	$4^1/_4$	3	$2^3/_4$
cbm	930	622	871	412	895	927.

In der Arbeitszeit ist die Zeit für die Fahrt zu den etwa 6,5 km entfernt liegenden Löschplätzen mit eingerechnet. Wie sorgfältig durchgeführte Peilungen ergeben haben, bleibt an den Löschplätzen von den versenkten Baggermassen nichts liegen, sondern die Strömung trägt den Sand weiter. Die Kosten für 1 cbm haben zwischen 0,39 und 0,57 Gulden (etwa 63 und 98 ₰) geschwankt.

Was man sich in neuester Zeit für Aufgaben gestellt, geht am besten aus dem Längenprofil (Abb. 1 Blatt 59) hervor. In demselben sind die Tiefen unter dem gewöhnlichen Niedrigwasser und zwar in der Achse der Fahrstrafse und je 50 m nördlich und südlich davon eingetragen, und ferner ist die Höhenlage der Sohle angegeben, welche durch die Baggerungen bis 1891 auf eine Breite von 100 m erreicht werden sollte.

Auch an anderen Orten, namentlich in Frankreich, so z. B. in Dünkirchen, Calais und Boulogne, sind holländische Pumpenbagger mit gutem Erfolge verwandt worden, in Deutschland bisher nur in Geestemünde. Der Pumpenbagger arbeitet nicht so gut wie der Eimerbagger, er schafft kein klares Profil, sondern hebt Löcher und Furchen aus, aber bei stärkerem Seegange hat er sich bisher als der geeignetste Bagger bewiesen, wenngleich seine Leistungen je nach der Bodenart und der Gunst des Wetters an verschiedenen Stellen sehr verschieden gewesen sind. Auch bei uns in Deutschland hat man ihm in mafsgebenden Kreisen erhöhte Aufmerksamkeiten zugewendet. So waren im Frühjahr 1890 die mit der Ausführung des Haffcanales von Pillau nach Königsberg betrauten Baubeamten unter Führung des Regierungs- und Baurathes Natus einige Zeit in Holland, um diese Bagger und ihre Wirksamkeit an Ort und Stelle kennen zu lernen. Die Folge davon ist gewesen, dafs ein Pumpenbagger für die genannte Bauausführung bei der Werft von Smith und Söhne in Kinderdijk bestellt worden ist.

IV. Der Einflufs des neuen Wasserweges auf den Verkehr von Rotterdam.

Fragt man schliefslich, welchen Erfolg die Anlage des neuen Wasserweges gehabt, welche Vortheile die Aufwendung so vieler Millionen gebracht hat, so wird man am besten ein Urtheil darüber gewinnen, wenn man die Entwicklung des Verkehrs von Rotterdam näher betrachtet. Man wird ja von vorn herein zugeben müssen, dafs die Verkehrsgröfse nicht allein von der Güte des Weges abhängt, dafs vielmehr die zeitweiligen Handels- und politischen Verhältnisse die Hauptrolle dabei spielen, aber das Bild wird doch zutreffend sein, wenn man die Entwicklung gleichartiger Häfen in derselben Zeit mit in Betracht zieht.

In den letzten Jahren vor Beginn des neuen Wasserweges betrug die Anzahl der in Rotterdam eingelaufenen Seeschiffe rund 28 v. H. und der Tonnengehalt derselben 40 bis 46 v. H. der Gesamteinfuhr zur See in das Königreich der Niederlande. Nach Beginn des neuen Seeweges stieg der Antheil Rotterdams gleichmäfsig auf bis zum Jahre 1870, und zwar bis zu 35 v. H. der Schiffsanzahl und 58 v. H. dem Tonnengehalte nach, wieder verglichen mit dem Eingang in alle holländischen Häfen. Sieht man von einigen besonders günstigen Jahren ab, so hat Rotterdam von diesem Zeitpunkte an mehr als die Hälfte des von Jahr zu Jahr gesteigerten Seeverkehrs der Niederlande vermittelt. Von den eingelaufenen Seeschiffen hatten bis 1882 nur etwa 60 v. H. den neuen Wasserweg benutzt, mit der Verbesserung des Weges ging aber dieser Satz ganz bedeutend in die Höhe. Im Jahre 1887 liefen im ganzen 4155 Seeschiffe in den Hafen ein, davon benutzten 4007 Schiffe oder $96^1/_2$ v. H. mit einem Tonnengehalte von rund 6 900 000 t, d. i. 98 v. H. der Gesamteinfuhr, die neue Maasmündung.

Zum Vergleich der Entwicklung Rotterdams mit der der anderen grofsen Häfen des Festlandes möge die zeichnerische Darstellung Abb. 9 und 10 Blatt 60 dienen. Von den Riesenhäfen Englands ist dabei abgesehen, weil deren Verkehr einzig dasteht und nicht denselben Einflüssen wie bei den Häfen des Festlandes unterworfen ist. In der Tabelle haben daher nur folgende Häfen Aufnahme gefunden: Hamburg, Bremen, Amsterdam, Rotterdam, Antwerpen, Dünkirchen und Havre. Um den Vergleich auf gemeinschaftlicher Grundlage aufzubauen, sind durchweg Registertonnen angegeben, die heute nur noch in einzelnen Häfen als Mafseinheit gelten, früher aber allgemein der Statistik zu Grunde gelegt wurden. Bis zum Jahre 1867 behauptete Rotterdam unter diesen Häfen den zweiten Rang. Diesen hat Antwerpen ihm zwar durch seine grofsartige Umgestaltung am Ende der siebziger und Anfang der achtziger Jahre entrissen und hat Rotterdam jetzt schon so weit überflügelt, dafs es diesem kaum möglich sein wird, unter den jetzigen Verhältnissen den belgischen Haupthafen und ebenso Hamburg, welches, von jeher der erste dieser Häfen, nur kurze Zeit hinter Antwerpen zurückgeblieben war, wieder einzuholen. Aber den anderen Häfen gegenüber hat Rotterdam sich nicht nur siegreich zu behaupten gewufst, sondern auch in den letzten Jahren einen Aufschwung genommen, der weit über den anderer, mit ihm wetteifernder Häfen hinausgeht und nur auf Rechnung des mit ebensoviel Opfermuth wie Beharrlichkeit von Staat und Stadt geschaffenen neuen Wasserweges gesetzt werden kann. Wirthschaftlich ist damit die Aufwendung der hohen Kosten vollkommen gerechtfertigt, um so mehr, als man es jetzt als sicher hinstellen kann, dafs es binnen kurzem gelingen wird, die Fahrstrafse auf die erstrebte Tiefe zu bringen und letztere mit nicht zu erheblichen Mitteln dauernd zu erhalten. Alle Zeichen der Zeit aber deuten darauf hin, dafs es bald nur noch wenige den Weltverkehr vermittelnde Seehäfen geben wird, denn die grofsen Ueberseedampfer suchen heute schon vorzugsweise nur die Häfen auf, in welche sie, ohne zu leichtern und ohne grofsen Zeitverlust einlaufen können. Somit hat Rotterdam durch Anlage seiner den gegenwärtigen Bedürfnissen Rechnung tragenden Wasserstrafse die erste Grundbedingung zur Anziehung dieses Verkehrs und zu einem erfolgreichen Wettbewerb mit den anderen Nordseehäfen erfüllt.

W. Paul.

Die Widerstände bei der Bewegung der Drehschütze und Drosselklappen.

Eine um ihre Mittelachse drehbare Klappe, welche ein von einem Gase oder einer Flüssigkeit durchströmtes Rohr schliefst bezw. öffnet (Drosselklappe bei Dampf- und Wasserleitungen, Klappschütz oder Drehschütz beim Schleusenbetriebe), befindet sich bei theilweise geöffneter Stellung nicht, wie man erwarten sollte, in Gleichgewichtslage, vielmehr treten dann Kräfte auf, welche bei gröfseren Abmessungen der Klappe zu ihrer Ueberwindung aufserordentlichen Kraftaufwand erfordern und häufig die gesunden Glieder der Bedienungsmannschaft gefährden. Und zwar machen sich die nachstehend aufgeführten Erscheinungen geltend — gleichgültig, ob die Klappe um eine loth- oder wagerechte Achse drehbar ist; der kürzeren Bezeichnung wegen möge unter Höhe der Klappe deren Abmessung senkrecht zur Drehachse verstanden werden. Vorausgeschickt werde, dafs die Beobachtungen nicht allein an Klappschützen mit Druckhebeln, deren Wirkungsgrad in jeder Stellung ein verschiedener ist, sondern vornehmlich an solchen mit Zahnradgetrieben und mit Kettenzug gemacht sind.

Beschreibung der auftretenden Widerstände.

1. Die Klappe läfst sich zunächst leicht öffnen; bei weiterer Drehung nehmen die Widerstände zu und erreichen ihren gröfsten Werth bei mehr als halber Oeffnung, um erst gegen Schlufs der Bewegung wieder abzunehmen.

2. Die Klappe hat in theilweise geöffneter Stellung das Bestreben, sich zu schliefsen, und schlägt, freigegeben, je nach ihren Abmessungen und dem Wasserdruck mehr oder weniger gewaltsam zu.

3. Die vorgenannten Widerstände und Kräfte nehmen zu mit den Abmessungen der Klappe, namentlich mit deren Höhe, und mit der Druckhöhe.

4. Die Widerstände beim Oeffnen einer in einem längeren Canal angebrachten Drehklappe sind geringer, wenn das Oeffnen schnell erfolgt, als wenn bei schon einige Zeit währender Drehung eine weitere Drehung vorgenommen werden soll.

5. Bei Druckhebeln tritt gegen Beendigung des Oeffnens ein in der Richtung des Oeffnens wirkender Stofs auf.

Schliefslich ist zu bemerken, dafs ein an dem Druckhebel oder der Kurbel angebrachter Kraftmesser ziemlich erhebliche Schwankungen bei unveränderter Stellung der Klappe zeigt, namentlich bei gekrümmtem und unregelmäfsig gestaltetem Canal.

Erklärungen und Berechnungen der Widerstände.

Ist man beim Entwerfen von Drehschützen gröfserer Abmessung und höheren Drucks vor die Aufgabe gestellt, die Widerstände und die zu deren Ueberwindung erforderliche Kraft zu bestimmen, so findet man in Lehrbüchern keine, in sonstigen Veröffentlichungen einen sehr dürftigen Anhalt.

Berechnung nach Mohr.

In einem Aufsatze über die Pinnower Schleuse (Ztschr. f. Bauw. 1878) giebt Herr Reg.- und Baurath Mohr eine Berechnung, welche auf rein statischem Wege die Erklärung der über die Zapfenreibung hinausgehenden Widerstände darin zu finden sucht, dafs in geschlossenem Zustande die eine Anschlagsfläche der Klappe dem Drucke des Oberwassers entzogen ist, während die andere ihn voll erhält (vgl. Abb. 1).

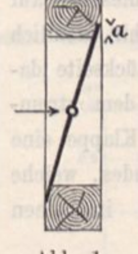


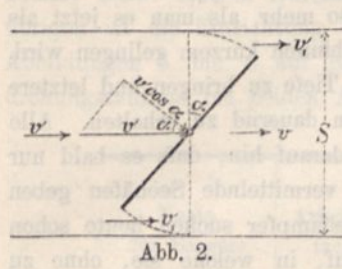
Abb. 1.

Diese Begründung, nach welcher der gröfste Widerstand — entgegen den oben angegebenen Beobachtungen — im Anfange der Bewegung stattfinden müfste, vermag die Erscheinungen, welche offenbar auf hydraulische Kräfte hinweisen, keineswegs zu erklären. Indem dann der Wirkungsgrad des Druckhebels, welcher zu Anfang der Bewegung entsprechend den Wegen der Kraft und der Last $= \infty$ ist, gleich dem Verhältnifs der Hebels-

arme angenommen wird, was erst bei halber Umlegung des Hebels der Fall ist, werden Ergebnisse gewonnen, welche für kleinere Schützenhöhen annähernd zutreffen.

Berechnung nach Préaudeau.

Weit näher den thatsächlichen Erscheinungen kommt die Erklärung eines französischen Ingenieurs, welche sich in den Annales des Ponts et Chaussées Sept. 1883, Nr. 49 im Anhange findet. Hr. v. Préaudeau berechnet den auf die theilweise geöffnete Klappe ausgeübten Stofs des strömenden Wassers — entsprechend Weifsbach I. § 537 der V. Auflage — nach den in nebenstehender Abb. 2 gegebenen Bezeichnungen, wenn m ein Erfahrungswerth, S die Fläche der Schützklappe und H die Wasserdruckhöhe ist, nach Berichtigung der Druckfehler zu


Abb. 2.

$$R = \frac{1000 \cdot m}{2g} \cdot S \cdot v^2 \cos^2 \alpha. \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

Aus der der Abb. 2 zu entnehmenden Bedingung:

$$v = v_1 \ (1 - \cos \alpha)$$

findet sich dann

$$R = 1000 \cdot m \cdot H \cdot S \cdot \cos^2 \alpha (1 - \cos \alpha)^2. \quad . \quad (b)$$

Dieser Ausdruck hat den gröfsten Werth für $\alpha = 60^0$ und ist, $m = 1{,}3$ gesetzt und H und S in Metern angegeben:

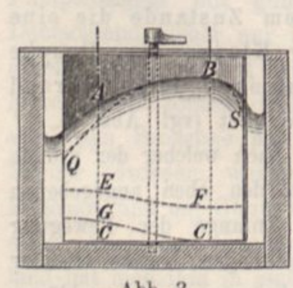
$$R \max = 81{,}25\, H \cdot S. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (c)$$

Nun heifst es: „Angenommen (En admettant), dafs dieser Druck ganz und gar auf einer einzelnen Seite der Schütztafel in der Mitte des Flügels angriffe," usw. Auf Grund dieser ganz willkürlichen Annahme, für welche eine Erklärung nicht versucht wird, wird dann die zur Drehung erforderliche Kraft ermittelt.

Diese Berechnung, welche überdies zu kleine Ergebnisse liefert und deshalb auch am Schlusse durch einen erheblichen Sicherheitszuschlag verbessert wird, kann gleichfalls nicht befriedigen. Es sind deshalb von dem Verfasser über diejenigen Vorgänge, welche sich an dem Drehschütz abspielen, an einer in offener Rinne angebrachten Versuchsklappe eingehende Beobachtungen und auf Grund derselben für eine rechteckig geformte Klappe Rechnungen aufgestellt, welche nachstehend aufgeführt werden sollen.

Neuer Erklärungsversuch.

Bei der Versuchsanlage zeigte sich weder an der Vorder- noch an der Rückfläche der theilweise geöffneten Klappe die Wasseroberfläche wagerecht, vielmehr senkte sich dieselbe auf der Vorderseite nach dem stromab gewandten Ende hin ziemlich beträchtlich, auf der Rückseite dagegen bildete sich an dem stromauf bewegten Ende der Klappe eine Senkung des Wasserstandes, welche sich unter Umständen in einen Trichter verwandelte.


Abb. 3.

In nebenstehender Abb. 3, welche eine Ansicht der theilweise geöffneten Klappe giebt, stellt die ausgezogene Linie den Wasserspiegel an der Vorderfläche, die punktirte denjenigen an der Hinterfläche dar, und zwar für zwei verschiedene Unterwasserstände. Der lothrechte Abstand beider Linien von einander, AE, BF usw., giebt den Ueberdruck des Oberwassers an jeder Stelle der Klappe an; hierdurch wird es sofort verständlich, dafs die Klappe bestrebt ist, sich zu schliefsen. Zur Erklärung der beobachteten Senkung des Wasserstandes diene folgende Ueberlegung.

Es bedeute Abb. 4 ein theilweise geöffnetes, um die Mittelachse bewegliches Drehschütz in dem Umlaufscanal einer Schleuse, welches tiefer als der Unterwasserspiegel liegt. Der Stofs des

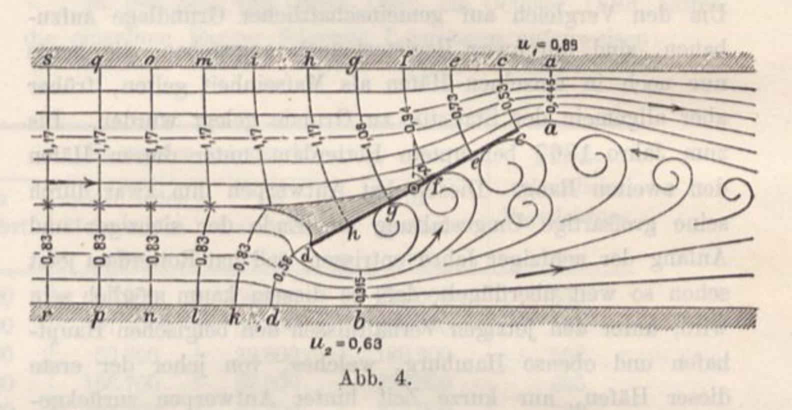


Abb. 4.

Wasserstomes im Canal trifft beide Hälften der Klappe gleichmäfsig, auch der zur Ablenkung der beiden Stromarme aus der geraden Richtung erforderliche Gegendruck senkrecht zur Canalachse hebt sich gegenseitig auf, sodafs hierin eine Erklärung für den einseitigen Ueberdruck nicht zu finden ist. Es ist vielmehr nöthig, auf die hydraulischen Druckkräfte einzugehen.

Die Zusammenziehung der Wasserstrahlen ist an beiden Enden der Klappe eine verschiedene, und zwar am stromauf gewandten Ende eine gröfsere, als an dem stromab gekehrten. Im Verhältnifs der Einschnürungswerthe theilt sich der Strom in zwei ungleiche Theile. Mit Rücksicht auf den stetigen Verlauf der Wasserfäden nimmt der Querschnitt des oberen Stromes allmählich ab, derjenige des unteren Stromes ist dagegen zu einer ziemlich plötzlichen Einengung gezwungen.

Im umgekehrten Verhältnifs der Querschnitte der Wasserströme steht die Geschwindigkeit des Wassers an den betreffenden Stellen, zunehmend bis zu der engsten (contrahirten) Stelle des Querschnitts, woselbst sie gleich derjenigen der Ausströmung aus einer Bodenöffnung ist. Zwischen beiden Strömen bildet sich vor der unteren Hälfte der Klappe eine dreieckförmige, in der Abbildung mit einer Strichlage versehene Fläche mit unwesentlicher Bewegung.

Druck auf die Vorderfläche der Klappe.

Nun ist, da bei den hier in Betracht kommenden Druckhöhen von dem Atmosphärendruck abgesehen werden kann, der auf einen beliebigen Punkt der Klappe ausgeübte hydraulische Druck gleich dem hydrostatischen Druck, vermindert um die der Geschwindigkeit entsprechende Druckhöhe (siehe Weifsbach I. § 427).

Es bezeichne:

H das Schleusengefälle,

h die vor der Klappe im Canal bestehende Druckhöhe,

v_x die Geschwindigkeit des Wassers in dem Querschnitte an der Stelle x der Klappe,

v die gleichmäfsige Geschwindigkeit des Wassers im Canal,

V die Ausflufsgeschwindigkeit an den Enden der Klappe, bei a und b,

p_x die hydraulische Druckhöhe in dem Querschnitte bei x,

q_x den hydraulischen Druckhöhenverlust daselbst, $q_x = h - p_x$,
f_x die Gröfse des Querschnitts des Wasserstromes bei x,
l die Länge eines Klappenflügels, gleich der halben Höhe der Klappe und des Canals,
b die Breite der Klappe,
α den Oeffnungswinkel der Klappe, gemessen von der Senkrechten zur Canalachse,
μ_1 den Einschnürungswerth an dem stromab gewandten Ende,
μ_2 denjenigen an dem stromauf gewandten,
$\mu = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$ das Mittel aus beiden,
ε das Verhältnifs des kleinsten Querschnitts zu dem des Canals $= \frac{f_a + f_b}{2l}$,
γ das Gewicht der Cubikeinheit der Flüssigkeit (des Wassers).

Dann ist:

$$V^2 = 2gh \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

$$v_x = \frac{f_a}{f_x} \cdot V \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

$$p_x = \left(h - \frac{v_x^2}{2g}\right)\gamma = h\left[1 - \left(\frac{f_a}{f_x}\right)^2\right]\gamma \quad \ldots \quad (3)$$

$$q_x = \left(\frac{f_a}{f_x}\right)^2 h\gamma \quad \ldots \ldots \quad (4)$$

Der Gesamt-Druckverlust auf der Vorderfläche ist

$$Q_v = \Sigma\left(\frac{f_a}{f_x}\right)^2 h\,\gamma \cdot b \cdot \delta_x \quad \ldots \ldots \quad (5)$$

Trägt man den an jeder Stelle der Klappe stattfindenden, nach Formel 3 ermittelten Druckhöhenverlust q_x zeichnerisch auf, so erhält man die Druckfigur für die vordere Klappenseite, Abb. 5, deren Fläche den Gesamtdruckverlust Q_v, und deren statisches Moment gegen die Drehachse das Drehmoment, hervorgerufen durch die auf die Vorderseite der Klappe wirkenden hydraulischen Kräfte, darstellt.

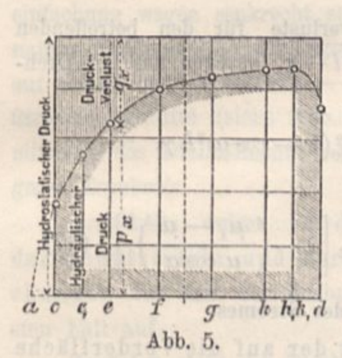


Abb. 5.

Das Drehmoment ist dann:

$$M_v = \Sigma q_x \cdot x$$

$$M_v = \Sigma\left(\frac{f_a}{f_x}\right)^2 h\,\gamma \cdot b \cdot x\,\delta_x \quad \ldots \ldots \quad (6)$$

Druckhöhe im Canal.

Es handelt sich nun zunächst darum, die vor der Klappe im Canal wirksame Druckhöhe h, welche von der Gröfse der Oeffnung der Klappe abhängig ist, zu bestimmen.

Von dem Schleusengefälle H gehen die Druckhöhenverluste in Abzug, welche das Wasser beim Eintritt in den Umlaufcanal und bei Durchströmung desselben durch Reibung an den Wänden, Krümmungen usw. erleidet. Ersterer ist

$$h_0 = \zeta_0 \frac{v^2}{2g},$$

worin ζ_0 = rund 0,5 zu setzen ist;

letzterer ist $h_1 = \zeta_1 \cdot \frac{v^2}{2g}$,

worin ζ_1 nach Weifsbach I § 455 aus der Länge, dem Querschnitt und der Führung des Umlaufcanals zu ermitteln, bei kurzen weiten Canälen wohl ganz aufser Rechnung zu lassen ist.

Die Druckverluste entsprechen einer Verminderung des Schleusengefälles und führen also eine Verkleinerung der hydraulischen Widerstände der Schützbewegung herbei. Für die weitere Untersuchung möge ein kurzer, weiter und gerader Canal (wie z. B. bei Oeffnungen in Thoren) als der ungünstigste zu Grunde gelegt werden.

$$h = H - \zeta \frac{v^2}{2g}.$$

Nun ist $\frac{v^2}{2g} = h$ und $v = \varepsilon \cdot V$,

mithin $h = H - \zeta \cdot \varepsilon^2 h$,

$$h = \frac{H}{1 + \zeta\varepsilon^2}, \quad \ldots \ldots \quad (7)$$

worin ζ nach vorstehendem = 0,5 zu setzen, bezw. nach der Gestaltung des Canals genauer (gröfser) zu ermitteln ist.

Ermittlung der Einschnürung.

Für die Lösung der gestellten Aufgabe ist es ferner von besonderer Wichtigkeit, die Gröfse der Einschnürung der Wasserstrahlen sowohl an der oberen wie an der unteren Ausströmungsöffnung mit möglichster Sorgfalt zu ermitteln, wobei auf Weifsbach I Abschnitt 7 Cap. 2 Bezug genommen wird.

Die bei theilweisem Oeffnen der Klappe frei gemachten Ausströmungsöffnungen sind von drei Seiten eingefafst, sodafs die Einschnürung nur eine einseitige (partielle) ist. Anderseits ist die eine Wand, welche Zusammenziehung veranlafst, nicht senkrecht zur Ausflufsrichtung gestellt, sondern oben unter einem spitzen, unten unter einem stumpfen Winkel dagegen geneigt.

Für allseitige Einschnürung ist von Zeuner (Weifsbach I § 440) für geneigte Seitenwände eine Formel ermittelt, welche unter Anwendung der oben angegebenen Bezeichnungen, wenn μ_0 für $\alpha = 0$ gilt, lautet:

$$\mu_\alpha = \mu_0 (1 + 0{,}33214 \sin^3\alpha + 0{,}16672 \sin^4\alpha). \quad (8)$$

Diese Formel ist nur anwendbar für $\mu_0 \sim 0{,}67$, da für $\sin\alpha = 1$ $\mu_0 \sim 1$ werden mufs. Hier liegt indessen einseitige Einschnürung vor, für welche Weifsbach I § 442 angiebt:

$$\mu_p = (1 + 0{,}155 \cdot n)\mu_0.$$

Darin bedeutet n das Verhältnifs der Einfassung der Oeffnung zum ganzen Umfange; bei den hier in Betracht kommenden Fällen kann danach gesetzt werden:

$$\mu_p = 1{,}1 \cdot \mu_0,$$

und wenn $\mu_0 = 0{,}64$ genommen wird, so ist

$$\mu_p = \text{rund } 0{,}7.$$

Die Formel 8 läfst sich verallgemeinern in

$$\mu_\alpha = \mu_p + {}^2/_3 (1 - \mu_p) \sin^3\alpha + {}^1/_3 (1 - \mu_p) \sin^4\alpha;$$

hierin $\mu_p = 0{,}7$ eingeführt, ergiebt:

$$\left.\begin{aligned} \mu_1 &= 0{,}7 + 0{,}2 \sin^3\alpha + 0{,}1 \sin^4\alpha \\ \mu_2 &= 0{,}7 - 0{,}2 \sin^3\alpha + 0{,}1 \sin^4\alpha \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Die hiernach für μ_1 und μ_2 sich ergebenden Werthe, ebenso diejenigen für $\mu = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$ sind in Abb. 6 zeichnerisch

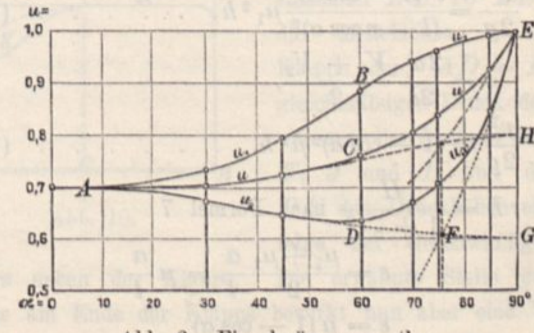


Abb. 6. Einschnürungswerthe.

dargestellt; dabei ist jedoch noch folgendes zu bemerken:

Die Formeln 9 sind für die obere Oeffnung, also für μ_1, durchweg gültig, für die untere dagegen, also für μ_2, nur etwa bis $\alpha = 60^0$, weil wie aus Abb. 7 hervorgeht, die Schräge der Wand von da ab an Einfluſs verlieren muſs, sodaſs μ_2 alsdann nicht mehr abnimmt, sondern nach $\alpha = 90^0$ hin wieder $= 1$ wird. Es rückt nämlich die Linie, welche den oberen und unteren Strom trennt, mit wachsendem α immer weiter nach unten; sie darf jedoch nicht über das untere Ende der Klappe hinausgehen.

Die Linie EF in Abb. 6 stellt das μ_2 dar, welches sich aus der Bedingung ergiebt, daſs die Stromtheilung mit dem unteren Ende der Klappe zusammenfalle, während die Linie $ADFG$ das nach Formel 9 ermittelte μ_2 angiebt; beide Linien schneiden sich bei $\alpha \sim 76^0$; das voraussichtlich in Wirklichkeit eintretende μ_2 schlieſst sich beiden Curven an und ist durch die Linie ADE dargestellt. In der Einzeichnung dieser Linie liegt eine gewisse Willkürlichkeit, doch darf wohl behauptet werden, daſs die Abweichung von der Wirklichkeit nicht erheblich sein kann.

Ermittlung des Drehmoments.

Unter möglichster Vereinfachung der Aufgabe bezeichne in Abb. 7: y den Querschnitt des oberen Stromes an der Stelle

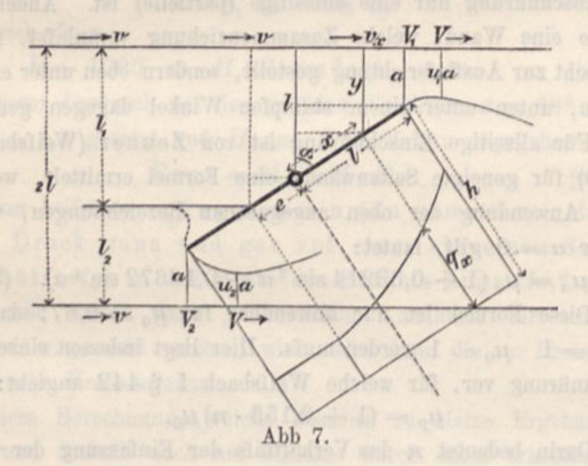


Abb 7.

x der Klappe. Aus der Zeichnung ergeben sich zunächst folgende Beziehungen:

$$l_1 = \frac{\mu_1}{\mu} l \text{ und } l_2 = \frac{\mu_2}{\mu} l, \quad \ldots \ldots \quad (10)$$

$$a = l(1 - \cos\alpha),$$

$$e = \frac{l_1 - l}{\cos\alpha} = \frac{\mu_1 - \mu}{\mu\cos\alpha} l, \quad \ldots \ldots \quad (11)$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \mu_1^2 h \text{ und } \frac{V_2^2}{2g} = \mu_2^2 h,$$

$$y = l - x\cos\alpha,$$

$$v_x = \frac{a}{y} V_1,$$

$$\frac{v_x^2}{2g} = \frac{l^2(1-\cos\alpha)^2}{(l - x\cos\alpha)^2}\mu_1^2 h, \quad \ldots \ldots \quad (12)$$

$$v = \frac{2a}{2l} \cdot \frac{V_1 + V_2}{2},$$

$$\frac{v^2}{2g} = (1-\cos\alpha)^2 \mu^2 h, \quad \ldots \ldots \quad (13)$$

$$h = \frac{H}{1 + \zeta\varepsilon^2} \text{ nach Formel 7}$$

$$\varepsilon = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} \cdot \frac{a}{l} = \mu \frac{a}{l}$$

$$\varepsilon = \mu(1 - \cos\alpha)$$

$$h = \frac{H}{1 + \zeta\mu^2(1-\cos\alpha)^2} \quad \ldots \ldots \quad (14)$$

Wirkung des oberen Stromes.

Der Druckverlust an einer Stelle x der Klappe ist, wie oben begründet (vgl. Formel 4):

$$q_x = \frac{v_x^2}{2g}\gamma,$$

also nach Formel 12:

$$q_x = \frac{l^2(1-\cos\alpha)^2}{(l - x\cdot\cos\alpha)^2}\mu_1^2 h\gamma; \quad \ldots \quad (15)$$

mithin ist das Moment der gesamten Druckverluste auf die Breite b der Klappe, bezogen auf die Drehachse:

$$M_0 = b\int q_x \cdot x \cdot dx,$$

$$M_0 = bl^2 h\gamma\mu_1^2(1-\cos\alpha)^2 \int_{-e}^{l} \frac{x\cdot dx}{(l - x\cos\alpha)^2}.$$

Die Lösung des Integrals ergiebt, wenn $l - x\cos\alpha = y$ eingeführt wird:

$$M_0 = bl^2h\gamma\mu_1^2\left(\frac{1-\cos\alpha}{\cos\alpha}\right)^2\left[\frac{1}{1-\cos\alpha} - \frac{\mu}{\mu_1} - ln\frac{\mu_1}{\mu(1-\cos\alpha)}\right]. \quad \ldots \ldots \quad (16)$$

Wirkung des unteren Stromes.

Der untere Strom bestreicht die Klappe nicht; diese steht gleichmäſsig unter dem mittleren hydraulischen Druck dieses Stromes, welcher gleich ist demjenigen im ganzen Obercanal.

Der gleichmäſsige Druckverlust an jeder Stelle der Klappe ist:
$$q = \frac{v^2}{2g}\gamma = \mu^2(1-\cos\alpha)^2 h\gamma,$$

mithin das Moment der Druckverluste für den betreffenden Theil der Klappe von der Länge $l - e$, bezogen auf die Drehachse:

$$M_u = b(l-e)\frac{l+e}{2}\mu^2(1-\cos\alpha)^2 h\gamma,$$

also nach Formel 11

$$M_u = bl^2h\gamma\mu^2(1-\cos\alpha)^2 \cdot {}^1\!/_2\left[1 - \left(\frac{\mu_1 - \mu}{\mu\cos\alpha}\right)^2\right]. \quad (17)$$

Gesamtwirkung des Stromes.

Das Gesamt-Drehmoment der auf die Vorderfläche der Klappe wirkenden Kräfte ist demnach:

$$M_v = M_0 - M_u. \quad \ldots \ldots \quad (18)$$

Um nun den Winkel α zu finden, bei welchem dieser Werth von M_v seinen gröſsten Werth erreicht, müſsten für h, μ und μ_1 die aus den Formeln 7 und 9 zu entnehmenden Functionen von α eingesetzt und dann die Ableitung nach α gebildet werden. Dieses Vorhaben führt selbst bei weitgehender Vereinfachung der Formeln stets auf transcendente Gleichungen; der gröſste Werth von M_v ist deshalb durch Einsetzen verschiedener Werthe für α gefunden, und zwar ergiebt sich durch Rechnung:

α	μ_1	μ_2	μ	$\frac{h}{H}$	$\frac{M_v}{bl^2H\gamma}$
0°	0,700	0,700	0,700	1,0000	0,0000
30°	0,731	0,681	0,706	0,9955	0,0523
45°	0,796	0,654	0,725	0,9780	0,1016
60°	0,89	0,63	0,76	0,9326	0,1585
70°	0,95	0,67	0,81	0,8757	0,1690
75°	0,97	0,71	0,84	0,8377	0,1529
85°	1,00	0,84	0,92	0,7169	0,0698
90°	1,00	1,00	1,00	0,6667	0,0000

In Abb. 8 sind diese Werthe von M_b sowie auch diejenigen von $\frac{h}{H}$ zeichnerisch dargestellt; man sieht, dafs das

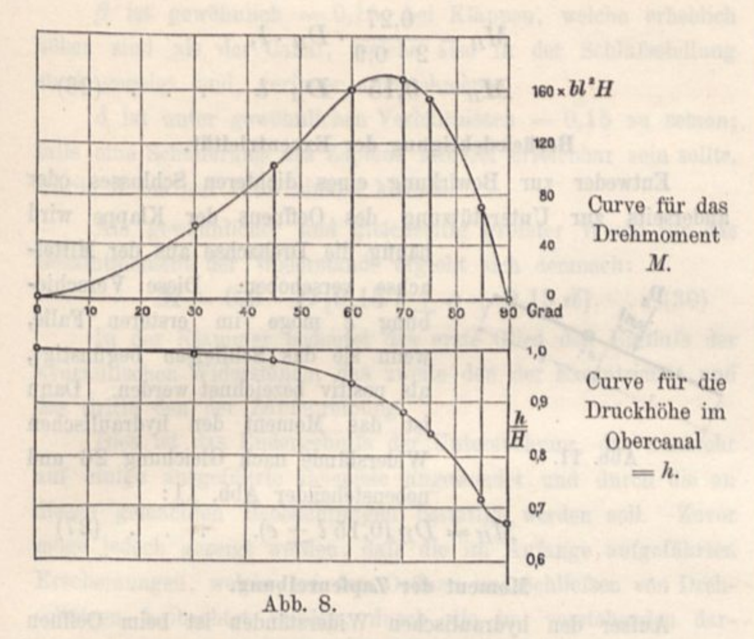


Abb. 8.

Drehmoment zwischen $\alpha = 60$ und 70^0 seinen gröfsten Werth hat, und zwar ist für letzteren zu setzen:

$$M_b = 0{,}17\, b l^2 H \gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

$$h = 0{,}9\, H. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

Bei der vorstehenden Rechnung sind die Querschnitte des Stromes nicht senkrecht zu dessen Richtung, sondern der Vereinfachung wegen senkrecht zur Achse des Canals, also mit Ausnahme desjenigen an der engsten Stelle zu klein gemessen. Eine auf Grund der wirklichen — mit dem Zirkel gemessenen — Stromquerschnitte (siehe Abb. 4) ausgeführte zeichnerische Ermittlung des Drehmoments zeigt deshalb auch ein etwas geringeres Ergebnifs.

Anderseits weisen in der Ausführung die Formen der Schütztafeln und der Umläufe mehrfache Abweichungen von dem der Rechnung zu Grunde gelegten einfachsten Fall auf.

Zunächst steht die Tafel in geschlossener Stellung im allgemeinen nicht senkrecht zur Canalachse, sondern mehr oder weniger gegen dieselbe geneigt, sodafs die Höhe der Schütztafel $(2 \cdot l)$ nicht gleich der Höhe des Canals, sondern gröfser als diese ist. Das gröfste Drehmoment wird deshalb erst bei entsprechend weiter geöffneter Klappe eintreten.

Ferner ist der Querschnitt der Klappe nicht eine Linie, sondern gewöhnlich ein Trapez; dadurch verringern sich wieder die Querschnitte des Stromes, während derjenige an der engsten Stelle unverändert bleibt. Der für den Höchstbetrag des Drehmoments gefundene Neigungswinkel ist dann an der betr. Blechhaut zu messen, sodafs sich für die Achse der Klappe eine steilere Stellung ergiebt (vgl. die nebenstehende Abb. 9).

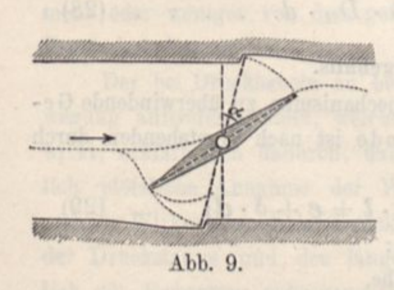


Abb. 9.

Diese verschiedenen Einflüsse heben sich theilweise gegenseitig auf, sodafs dieselben bei der Bestimmung eines Mittelwerthes für das gröfste Drehmoment aufser Rechnung gelassen werden können.

Druck auf die Rückfläche der Klappe.

Erheblich schwieriger ist wegen der stark wirbelnden Bewegung des Wassers die Untersuchung der Vorgänge auf der Rückfläche der Klappe.

Immerhin war schon an der Versuchsanlage mit offener Rinne festzustellen, dafs der Wasserstand des Unterwassers an der Klappe um eine mittlere Lage schwankte, welche in Abb. 3 mit den Curven EF und GC (für zwei verschiedene Höhen des Unterwassers) angedeutet ist; es wird daher auch bei einem geschlossenen Canale eine nach bestimmten Gesetzen geregelte Druckvertheilung bestehen.

Sieht man von den Wirbeln ab, so werden die Vorgänge auf der Rückfläche der Klappen etwa die gleichen bezw. umgekehrten sein, wie an der Vorderfläche: an dem stromab gekehrten Theile (Abb. 4) wird der im ganzen Untercanal herrschende Druck bestehen, während unten an der Stelle der gröfsten Zusammenschnürung derselbe um $\frac{v_0^2}{2g} = h$ und am untersten Ende der Klappe um $\frac{\mu_2^2 v_0^2}{2g} = \mu_2^2 h$ geringer ist. Dafs hier der hydraulische Druck kleiner werden kann als der Atmosphärendruck, ändert an den Verhältnissen nichts; eine Luftleere könnte jedenfalls erst bei Schleusengefällen von mehr als 10 m entstehen und soll bei den vorliegenden Untersuchungen nicht berücksichtigt werden.

Da es nur auf die Verluste an Druckhöhe, deren Verschiedenheit das Drehmoment erzeugt, nicht auf die Gröfse der Druckhöhe selbst ankommt, so braucht diese nicht untersucht zu werden. Die Aenderungen der Geschwindigkeit des Wassers in dem die Rückseite der Klappe bestreichenden Strom infolge Aenderung des Stromquerschnitts sind annähernd die gleichen wie auf der Vorderseite, von V übergehend in v, jedoch mit dem Unterschiede, dafs an dem Ende der Klappe die Geschwindigkeit $\mu_2 V$ anstatt $\mu_1 V$ besteht. Es sind deshalb die für die Vorderfläche der Klappe gefundenen Ergebnisse auch hier anwendbar, sofern μ_1 mit μ_2 vertauscht wird. Die Formeln 16 bis 18 liefern dann als Drehmoment der hydraulischen Kräfte auf der Rückfläche der Klappe rund:

$$M_r = 0{,}05\, b l^2 H \gamma. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

Bei dieser Behandlung der Aufgabe ist indessen nicht berücksichtigt, dafs der Strom nicht vom Ende der Klappe ab diese bestreicht, sondern infolge des stetigen Verlaufs der Bahnen der Wassertheilchen an dem Ende sich eine gröfsere Stelle geringsten Druckes bildet. Diesen Einflufs rechnerisch zu behandeln, dürfte schwierig sein, es möge deshalb die zeichnerische Darstellung zu Hülfe gezogen werden. Es stelle in nebenstehender Abb. 10 AB die um die Mittelachse C drehbare Klappe dar, $AD = BE$ den gleichmäfsigen Druck des Unterwassers, der Abstand der Punkte F, J und H von der Linie DE den Druckhöhenverlust infolge der Geschwindigkeit des Wassers neben der Klappe. Die erwähnte Stelle geringsten Druckes am Ende der Klappe bewirkt nun aber eine Verschiebung der Linie FJH derart, dafs dieselbe von F aus zunächst parallel verläuft, bei H aber wieder in die Curve FJH über-

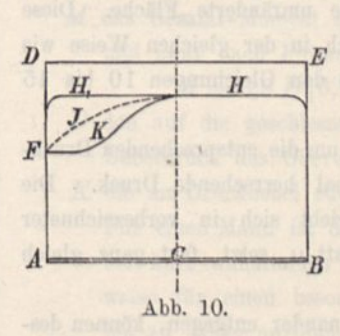


Abb. 10.

geht. Diese Curve FKH entspricht auch der an der Versuchsanlage beobachteten Oberflächenlinie des Unterwassers.

Ist H_1 das Spiegelbild von H, so stellt die zwischen FKH und FH_1H gelegene Fläche den Ueberdruck auf die eine Klappenhälfte dar, während durch die Formel 21 nur die Fläche zwischen FJH und FH_1H berücksichtigt war. Aus dieser Darstellung dürfte zum mindesten soviel hervorgehen, dafs die Wirkung der hydraulischen Kräfte der Rückfläche ausreichend und ziemlich annähernd berücksichtigt wird, wenn man die Fläche $FKHJ$ gleich derjenigen $FJHH_1$ setzt, also den Werth der Formel 21 verdoppelt; mithin:

$$\boldsymbol{M_r = 0{,}10\, b l^2 H \gamma} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

Uebrigens wird dieser Werth je nach der Gestaltung der Umlaufwände an der betr. Stelle erhebliche Verschiedenheiten aufweisen und deshalb immer nur eine angenäherte Berechnung erfahren können.

Gesamtmoment der hydraulischen Kräfte.

Aus den auf die Vorder- und Rückfläche der Klappe wirkenden Kräften, oder richtiger Druckverlusten, ergiebt sich nun das Gesamtmoment der hydraulischen Kräfte nach Formel 19 und 22:

$$M_H = M_v + M_r,$$
$$M_H = (0{,}17 + 0{,}10)\, b l^2 H \gamma,$$
$$\boldsymbol{M_H = 0{,}27\, b l^2 H \gamma} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

Der hydrostatische Druck auf die geschlossene Klappe $= D$ ist:

$$D = 2 b l H \gamma.$$

Man kann demnach auch schreiben:

$$M_H = 0{,}135 \cdot D \cdot l = \text{rund } {}^2/_{15} \cdot D \cdot l, \quad . \quad (24)$$

d. h. man erhält das Moment der hydraulischen Widerstände, wenn man den Mittelpunkt des auf die geschlossene Klappe wirkenden hydrostatischen Druckes um $^1/_{15}$ der ganzen Klappenhöhe aus deren Mitte gerückt denkt.

Die vorn angeführte Berechnung Préaudeaus ergiebt, wie hier zum Vergleich angeführt werden möge, aus Formel c nur

$$M_H = R \max \cdot \frac{l}{2}$$
$$= 81{,}25\, H \cdot S \frac{l}{2}$$
$$= 0{,}0406 \cdot D \cdot l,$$

also nur etwa ein Drittel des hier ermittelten Werthes.

Gesamtdruck auf die theilweise geöffnete Schützklappe.

Auf die Vorderfläche der Klappe wirkt der im oberen Canal herrschende Druck, vermindert um die Summe der durch die Geschwindigkeit des Wassers längs der Schütztafel erzeugten Druckverluste, d. i. in Abb. 5 die umränderte Fläche. Diese Summe der Druckverluste läfst sich in der gleichen Weise wie zuvor deren statisches Moment aus den Gleichungen 10 bis 15 durch Rechnung finden.

Auf die Rückfläche wirkt der um die entsprechenden Druckverluste verminderte, im Untercanal herrschende Druck. Die Gesamtsumme dieser Verluste ergiebt sich in vorbezeichneter Art, wenn man hier wieder μ_2 statt μ_1 setzt, fast ganz gleich derjenigen auf der Vorderfläche.

Beide Druckverluste wirken einander entgegen, können deshalb aufser Betracht gelassen werden. Es verbleibt demnach der im Obercanal bestehende Ueberdruck

$$D_H = 2 b l \cdot h \gamma, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

worin h für die Stellung des gröfsten Drehmoments der hydraulischen Kräfte nach Formel 20 gleich $0{,}9 \cdot H$ zu setzen ist. Das in Gleichung 23 gefundene gröfste Drehmoment M_H kann nunmehr auch geschrieben werden:

$$M_H = \frac{0{,}27}{2 \cdot 0{,}9} \cdot D_H \cdot l,$$
$$\boldsymbol{M_H = 0{,}15 \cdot D_H \cdot l} \quad . \quad . \quad . \quad (26)$$

Berücksichtigung der Excentricität.

Entweder zur Bewirkung eines dichteren Schlusses oder anderseits zur Unterstützung des Oeffnens der Klappe wird häufig die Drehachse aus der Mittelachse verschoben. Diese Verschiebung e möge im ersteren Falle, wenn sie das Schliefsen begünstigt, als positiv bezeichnet werden. Dann ist das Moment der hydraulischen Widerstände nach Gleichung 26 und nebenstehender Abb. 11:

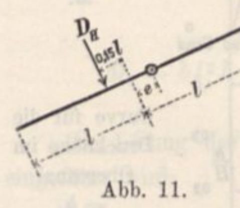


Abb. 11.

$$M_H = D_H\, (0{,}15\, l \pm e). \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

Moment der Zapfenreibung.

Aufser den hydraulischen Widerständen ist beim Oeffnen der Klappe noch die Zapfenreibung zu überwinden. Der Wasserdruck auf die Klappe, und damit die Zapfenreibung, ist am gröfsten bei geschlossener Klappe und nimmt beim Oeffnen derselben, entsprechend der Zunahme der hydraulischen Druckverluste im Umlauf, ab. Von den auftretenden Widerständen hat demnach derjenige der hydraulischen Kräfte seinen gröfsten Werth für $\alpha \sim 70^0$, derjenige der Zapfenreibung bei $\alpha = 0^0$. Die Summe beider Widerstände hat also ihren gröfsten Werth zwischen 70 und 0^0.

Da nun der Antheil der Zapfenreibung an den Widerständen ein nur geringer ist, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen, so wird die Stellung der Klappe, welche den gröfsten Werth der Widerstände aufweist, durch jene nur um ein geringes verschoben, und wird in den meisten Fällen zwischen 60^0 und 70^0 liegen. Diese Verschiebung bleibe deshalb unberücksichtigt.

Auf die Klappe wirkt dann wieder der Ueberdruck

$$D_H = 2 b l h \gamma,$$

worin $h \sim 0{,}9\, H$ ist.

Wenn d den Zapfendurchmesser und φ den Erfahrungswerth der Zapfenreibung bezeichnet, so ist das Moment der letzteren

$$M_z = \varphi \cdot D_H \cdot \frac{d}{2}.$$

Für Schmiedeeisen auf Bronce werde, da keine Schmierung stattfinden kann und die Bewegung keine anhaltende ist, $\varphi = 0{,}3$ genommen; dann ist

$$M_z = 0{,}15 \cdot D_H \cdot d. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

Endergebnifs.

Das von dem Bewegungsmechanismus zu überwindende Gesamtmoment der Widerstände ist nach Vorstehendem durch die allgemeine Formel

$$\boldsymbol{M = \alpha \cdot D\, [\beta \cdot l \pm e + \delta \cdot d]} \quad . \quad . \quad (29)$$

auszudrücken. Darin bedeuten:

α, β und δ Erfahrungswerthe,

D den auf die geschlossene Klappe wirkenden hydrostatischen Druck (ohne Abzug des Anschlags),

l die halbe Höhe der Klappe und

d den Zapfendurchmesser.

α ist gewöhnlich $= 0{,}9$ zu setzen $\left(= \frac{h}{H}\right)$, bei langen und gekrümmten Canälen geringer.

β ist gewöhnlich $= 0{,}15$, bei Klappen, welche erheblich höher sind als der Canal, welche also in der Schlufsstellung stark geneigt sind, geringer anzunehmen.

δ ist unter gewöhnlichen Verhältnissen $= 0{,}15$ zu setzen; falls eine Schmierung des Zapfens mit Oel erreichbar sein sollte, würde δ bis auf 0,05 sinken können.

Als gewöhnlicher und gleichzeitig gröfster Werth für das Gesamtmoment der Widerstände ergiebt sich demnach:

$$\boldsymbol{M = 0{,}9 \cdot D\,[0{,}15\, l \pm e + 0{,}15\, d]}. \quad (30)$$

In der Klammer bedeutet das erste Glied den Einflufs der hydraulischen Widerstände, das zweite den der Excentricität und das dritte den der Zapfenreibung.

Dies ist das Endergebnifs der Untersuchung, das nunmehr auf einige ausgeführte Beispiele angewendet und durch die an diesen gemachten Beobachtungen bestätigt werden soll. Zuvor möge jedoch gezeigt werden, dafs die im Anfange aufgeführten Erscheinungen, welche bei dem Oeffnen und Schliefsen von Drehschützen beobachtet werden, durch die im vorstehenden dargelegte Auffassung der Vorgänge erklärt werden.

Begründung der beobachteten Erscheinungen.

Dafs die in der Mitte gefafste Klappe ihrem Oeffnen Widerstand entgegensetzt, wenn Durchströmung des Wassers stattfindet, und dafs sie das Bestreben hat, sich zu schliefsen, ist im vorstehenden durch die ungleiche Vertheilung der Druckverluste auf die beiden Klappenhälften begründet. Aus Formel 23 ergiebt sich, dafs diese Widerstände wachsen im einfachen Verhältnifs der Breite der Klappe und des Schleusengefälles, jedoch mit dem Quadrat der Höhe*) der Klappe.

Die Widerstände entstehen erst durch die Strömung des Wassers; bei plötzlichem Oeffnen der Klappe ist aber nicht sogleich die späterhin bestehende Geschwindigkeit des Wassers vorhanden, vielmehr beansprucht das in Ruhe befindliche Wasser infolge seiner Trägheit eine gewisse Zeit bis zur Erreichung dieser Geschwindigkeit, und zwar um so mehr Zeit, je gröfser die Masse des zu bewegenden Wassers, je länger also der Canal ist. Dadurch wird es erklärlich, dafs man bei schnellem Umlegen den Druckhebel in vielen Fällen leichter zu öffnen imstande ist.

Dafs die auf die Klappe wirkenden Kräfte ungleichmäfsig sind, ist eine Folge der wirbelnden Bewegung des Wassers auf der Rückseite; ebenso wird eine von der einfachen Form abweichende Gestaltung des Canals, der Klappe oder des Rahmens mehr oder weniger von dem gefundenen Mittelwerth abweichende Ergebnisse begründen.

Der bei Druckhebeln zu beobachtende, gegen Ende der Bewegung auftretende Stofs, welcher in der Richtung des Oeffnens wirkt, erklärt sich dadurch, dafs alsdann gleichzeitig eine ziemlich plötzliche Abnahme der Widerstände und ein stark vermehrter Wirkungsgrad des Druckhebels auftritt, und das Gewicht der Druckstange und des langen Hebelarms, welches anfänglich der Bewegung entgegenwirkt, das Oeffnen nunmehr unterstützt.

*) Unter Höhe ist immer die Abmessung senkrecht zur Drehachse zu verstehen.

Anwendung auf eine kreisförmige Drosselklappe.

Das für Wasser und für rechteckige Form der Klappe gefundene Ergebnifs gilt für alle Flüssigkeiten, bedarf jedoch für solche von veränderlicher Dichtigkeit (Gase) einer Abänderung, auf welche hier nicht eingegangen werden soll.

Auf beliebig geformte Klappen ist das Ergebnifs leicht anwendbar, wenn man dieselben in schmale Streifen senkrecht zur Drehachse zerlegt denkt. Für eine kreisförmige Klappe (die gewöhnliche Form der Drosselklappen) ergiebt sich z. B. das folgende Moment der hydraulischen Kräfte:

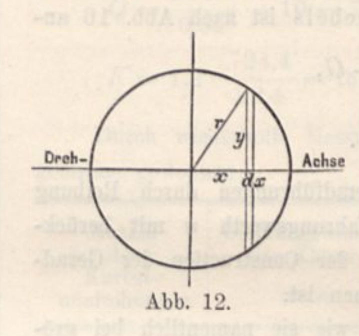


Abb. 12.

Auf einen Streifen von der Breite dx und der Höhe $2y$ (Abb. 12) wirkt nach Formel 24

$$dM_H = dD \cdot 0{,}135\, y$$
$$dD = 2y \cdot dx \cdot H \cdot \gamma$$
$$dM_H = 0{,}27\, y^2 H \cdot dx\gamma$$
$$M_H = 0{,}54\, H\gamma \int_0^r y^2 dx \quad \ldots\ldots \quad (31)$$
$$y^2 = r^2 - x^2$$
$$M_H = 0{,}54\, H\gamma \left[\int_0^r r^2 dx - \int x^2 dx\right]$$
$$= 0{,}54\, H\gamma \cdot {}^2/_3\, r^3$$
$$= 0{,}36 \cdot r^3 H\gamma.$$

Es ist $D = r^2\pi \cdot H\gamma$, also

$$M_H = \frac{0{,}36}{\pi} \cdot Dr = 0{,}115 \cdot Dr. \quad \ldots \quad (32)$$

Aus Gleichung 31 ergiebt sich die Regel, dafs die allgemeine Formel 24 für alle zur Drehachse symmetrischen Flächen gilt, wenn man als Höhe der Klappe, l, den doppelten Abstand des Schwerpunkts der Klappenhälfte von der Drehachse nimmt. Bei dem Halbkreis ist letzterer $= \frac{4}{3\pi} \cdot r$; dann wird aus Gleichung 24:

$$M_H = 0{,}135 \cdot D \cdot 2\frac{4}{3\pi} r$$
$$= \frac{0{,}36}{\pi} \cdot D \cdot r \text{ (wie oben).}$$

Anwendung auf ausgeführte Beispiele.

In betreff der Bezeichnungen wird auf Seite 388/89 verwiesen. Aufser den dort angegebenen sollen bedeuten (alle Mafse in m und kg):

M das Gesamt-Moment der zu überwindenden Widerstände, und zwar nach Formel 30:
$$M = 0{,}9\, D\,[0{,}15\, l \pm e + 0{,}15\, d].$$

D den auf die geschlossene Klappe wirkenden hydrostatischen Ueberdruck des Oberwassers: $D = 2\, b l H\gamma$.

K die am Druckhebel oder an der Kurbel auszuübende Kraft. Für einen Mann ist dieselbe nach ausgeführten Messungen bei kurz anhaltender Kraftleistung zu 30 kg, ausnahmsweise für einen besonders kräftigen und schweren Mann bis zu 40 kg anzunehmen. Die schwierigste Kraftleistung, sowohl am Druckhebel wie an der Kurbel, ist in der höchsten Stellung derselben bei wagerecht wirkender Kraft.

G das Gewicht des Gestänges, der Druckstange usw.

Q die Kraft in der Druckstange oder Kette.

d den Durchmesser des Drehzapfens.

e die Excentricität der Drehachse der Klappe.

n das Uebersetzungsverhältnifs des Drehmechanismus.

ξ den Hebelarm der Kraft Q gegen die Drehachse bei einer Stellung der Klappe von etwa 67°.

η einen die Widerstände im Bewegungsmechanismus (Druckhebel, Getriebe udgl.) berücksichtigenden Erfahrungswerth.

Die Wirkung des Druckhebels ist nach Abb. 16 annähernd:

$$Q = \frac{M}{\xi} - G,$$

$$K = \eta \cdot \frac{Q}{n}.$$

Die Widerstände in den Geradführungen durch Reibung usw. sollen dabei durch den Erfahrungswerth η mit berücksichtigt werden, welcher je nach der Construction der Geradführung zu 1,1 bis 1,2 anzunehmen ist.

Bei steilstehenden Klappen, wie sie namentlich bei gröfseren Höhen in Umläufen vorkommen, hat der Druckhebel bei der Stellung der Klappe in 67° bereits die höchste Stellung überschritten und hat dann einen gröfseren Wirkungsgrad als ihn das Verhältnifs der Hebelarme angiebt. Letzteres gilt nur für die oberste Stellung des Druckhebels, während der Wirkungsgrad sowohl zu Anfang wie zu Ende der Bewegung ∞ ist.

Von den zahlreichen untersuchten Beispielen und eingezogenen Erkundigungen mögen die folgenden hier aufgeführt werden:

1. Drehschütz mit lothrechter Achse an der Brahemündener Hafenschleuse.

Veröffentlicht in der Zeitschrift für Bauwesen 1888, S. 211.

$l = 0{,}685$ m, $e = +\,0{,}005$ m,
$b = $ i. m. $2{,}00$ m, $\eta = 1{,}15$,
$H = 0{,}0$ bis $3{,}0$ m, $n = 27{,}5$ (früher 16),
$d = 0{,}12$ m, Kurbelarm $= 0{,}36$ m.

a) $H = 0{,}50$ m.

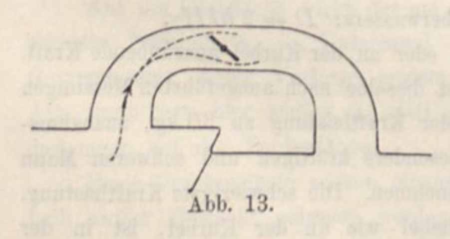
$$D = 2 \cdot 0{,}685 \cdot 2{,}00 \cdot 0{,}50 \cdot 1000 = 1370 \text{ kg},$$
$$M = 0{,}9 \cdot 1370\,(0{,}15 \cdot 0{,}685 + 0{,}005 + 0{,}15 \cdot 0{,}12),$$
$$= 1233\,(0{,}103 + 0{,}005 + 0{,}018)$$
$$= 1233 \cdot 0{,}126 = 155{,}4 \text{ kg m},$$
$$K = 1{,}15 \cdot \frac{155{,}4}{27{,}5 \cdot 0{,}36} = 18{,}1 \text{ kg}.$$

Gemessen ist als gröfste Kraft an der Kurbel = 18 kg.

b) $H = 1{,}04$ m.

$$D = 2 \cdot 0{,}685 \cdot 2{,}00 \cdot 1{,}04 \cdot 1000 = 2850 \text{ kg},$$
$$M = 0{,}9 \cdot 2850 \cdot 0{,}126 \text{ (wie oben)}$$
$$= 323 \text{ kgm},$$
$$K = 1{,}15 \cdot \frac{323}{27{,}5 \cdot 0{,}36} = 37{,}5 \text{ kg}.$$

Gemessen ist als gröfste Kraft nur 30 kg.


Abb. 13.

Die starke Krümmung des Umlaufs, welche seine Abführungsfähigkeit stark beeinträchtigt und namentlich die Wasserfäden des der Schleusenkammer zugewendeten (wichtigeren) Stromes infolge der starken Ablenkung verlangsamt (vgl. die vorstehende Abb. 13), dürfte die Verminderung der erforderlichen Kraft begründen.

Vor Abänderung der Zahnrad-Uebersetzung während der ersten Jahre des Betriebes, war n nur $= 16$. Dann ergab sich bei:

$H = 0{,}5$ m $\quad K = 18{,}1 \cdot \frac{27{,}5}{16} = 31{,}1$ kg,

$H = 0{,}9$ m $\quad K = \frac{9}{5} \cdot 31{,}1 = 56$ kg,

$H = 1{,}3$ m $\quad K = \frac{13}{5} \cdot 31{,}1 = 81$ kg,

$H = 1{,}5$ m $\quad K = \frac{15}{5} \cdot 31{,}1 = 93$ kg.

Der Schleusenmeister Martin berichtet hierüber unter dem 20. April 1884, das Bedienen des Schützes könne höchstens bis 0,5 m Gefälle durch einen Mann mit Sicherheit geschehen; darüber hinaus bis 0,9 m seien zwei Mann, und dann bis zu 1,3 m Gefälle drei Mann erforderlich; möglich sei die Bedienung durch drei geübte Arbeiter noch bis zu 1,5 m Gefälle, während letzteres im Sommer öfters 2 bis 3 m betrage; dann könne die Ausgleichung der Wasserstände anfänglich nur mittels der Thorschütze stattfinden.

2. Drehschütz im Umlaufcanal der Charlottenburger Schleuse.

Veröffentlicht in der Zeitschrift für Bauwesen 1886, S. 207.

Wagerechte Drehachse. Bedienung durch Druckhebel.

$l = 0{,}538$ m, $\xi = 0{,}50$ m,
$b = 1{,}48$ m, $e = +\,0{,}005$ m,
H max $\sim 1{,}00$ m, $G = $ rd. 50 kg,
$d = 0{,}06$ m, $\eta = 1{,}1$,
$n = 7$.

$$D = 2 \cdot 1{,}48 \cdot 0{,}538 \cdot 1{,}00 \cdot 1000 = 1592 \text{ kg},$$
$$M = 0{,}9 \cdot 1592\,(0{,}15 \cdot 0{,}538 + 0{,}005 + 0{,}15 \cdot 0{,}06)$$
$$= 1433\,(0{,}081 + 0{,}005 + 0{,}009)$$
$$= 1433 \cdot 0{,}095 = 136{,}1 \text{ kgm},$$
$$Q = \frac{136{,}1}{0{,}50} - 50 = 222{,}2 \text{ kg},$$
$$K = 1{,}1 \cdot \frac{222{,}2}{6{,}5} = 37{,}6 \text{ kg}.$$

Diese Kraft ist etwa bei dem höchsten bis jetzt beobachteten Gefälle auszuüben.

Bei $H = 0{,}6$ m ist:

$$Q = 0{,}6 \cdot 272{,}2 - 50 = 113 \text{ kg},$$
$$K = 1{,}1 \cdot \frac{113}{6{,}5} = 19 \text{ kg}.$$

Nach Angabe des Schleusenmeisters ist zur Bedienung der Klappschütze in den Umläufen selbst bei 1,0 m Gefälle nur ein Mann erforderlich und die Handhabung durchschnittlich eine leichte.

3. Unteres Drehschütz im Trennungspfeiler der Stadtschleuse in Bromberg.

Veröffentlicht in der Zeitschrift für Bauwesen 1890, S. 53.

Wagerechte Drehachse. Druckhebel.

a) Ursprüngliche Bauart.

$l = 0{,}60$ m, $\xi = 0{,}55$ m,
$b = 1{,}20$ m, $e = -\,0{,}005$ m,
$H = 3{,}00$ m, $G = $ rd. 60 kg,
$d = 0{,}08$ m, $\eta = 1{,}15$,
$n = 6$.

$$D = 2 \cdot 1{,}20 \cdot 0{,}60 \cdot 3{,}00 \cdot 1000 = 4320 \text{ kg},$$
$$M = 0{,}9 \cdot 4320\ (0{,}15 \cdot 0{,}60 - 0{,}005 + 0{,}15 \cdot 0{,}08)$$
$$= 3888\ (0{,}090 - 0{,}005 + 0{,}012)$$
$$= 3888 \cdot 0{,}097 = 377{,}1 \text{ kgm},$$
$$Q = \frac{377{,}1}{0{,}55} - 60 = 625{,}6 \text{ kg},$$
$$K = 1{,}15 \cdot \frac{625{,}6}{6} = 120 \text{ kg}.$$

Thatsächlich waren drei Mann erforderlich, den Hebel umzulegen, von denen zwei nicht drückten, sondern unter Gegenstemmung der Füfse zogen, also gröfsere Kraft auszuüben vermochten.

b) Nach Anbringung der Verlängerung über den unteren Anschlag hinaus.

$$l = \frac{1{,}20 + 0{,}14}{2} = 0{,}67 \text{ m},$$
$$e = \frac{0{,}14}{2} + 0{,}005 = +\ 0{,}075 \text{ m},$$
$$D = 1{,}34 \cdot 1{,}20 \cdot 3{,}00 \cdot 1000 = 4824 \text{ kg},$$
$$M = 0{,}9 \cdot 4824\ (0{,}15 \cdot 0{,}67 - 0{,}075 + 0{,}15 \cdot 0{,}08)$$
$$= 4342\ (0{,}101 - 0{,}075 + 0{,}012)$$
$$= 4342 \cdot 0{,}038 = 165 \text{ kgm},$$
$$Q = \frac{165}{0{,}55} - 60 = 240 \text{ kg},$$
$$K = 1{,}15 \cdot \frac{240}{6} = 46 \text{ kg}.$$

Das Schütz öffnet sich anfänglich selbstthätig bis etwa $\alpha = 42^0$, in welcher Stellung es stehen bleibt; von da ab ist eine Kraft erforderlich, welche von einem Manne ausgeübt werden kann; schliefslich nimmt die Kraft wieder auf Null ab. Die Widerstände sind also thatsächlich etwas geringer als nach der Rechnung.

Wenn dieses Schütz während der Durchströmung bei vollem Druck geschlossen werden soll, so nimmt das erste Glied in der Klammer des Ausdrucks für M, die Wirkung der hydraulischen Kräfte, immer mehr ab und wird zuletzt nahezu 0; das dritte Glied, die Wirkung der Zapfenreibung, wechselt das Vorzeichen; dann wird

$$M = 4824\ (-0{,}075 - 0{,}15 \cdot 0{,}08)$$
$$= -4824 \cdot 0{,}087 = -419{,}7 \text{ kgm},$$
$$Q = -\frac{419{,}7}{0{,}60} - 60 = -760 \text{ kg},$$
$$K = -1{,}15 \cdot \frac{760}{6} = -146 \text{ kg}.$$

Bei dem zu diesem Zwecke angestellten Versuche mufsten zum Schlufs sechs Mann mit voller Kraft am Hebel drücken, um den Schlufs des Schützes herbei zu führen.

4. Drehschütz in gufseisernem Rahmen am Unterhaupt der Stadtschleuse in Bromberg.

Veröffentlicht wie vor.

Wagerechte Drehachse. Bewegung mittels Gliederketten und Kurbel.

$l = 0{,}60$ m, $\xi = 0{,}54$ m,
$b = 1{,}20$ m, $e = \pm\ 0{,}00$ m,
$H = 3{,}00$ m, $\eta = 1{,}2$
$d = 0{,}08$ m, Spannungsgewicht $G = 10$ kg.

Das Oeffnen erfolgt durch $6^1/_2$ Kurbelumdrehungen, die Klappe wird um 68^0 gedreht; der Kurbelarm ist 0,35 m lang.

$$\text{Weg der Kraft} = 6^1/_2 \cdot 0{,}70 \cdot \pi = 14{,}3 \text{ m},$$
$$\text{Weg der Last} = \frac{68}{180} \overset{\text{i. m.}}{\cdot} 0{,}54 \cdot \pi = 0{,}64 \text{ m}.$$

Das Uebersetzungsverhältnifs ist mithin

$$n = \frac{14{,}3}{0{,}64} = 22{,}4.$$
$$D = 2 \cdot 1{,}20 \cdot 0{,}60 \cdot 3{,}00 \cdot 1000 = 4320 \text{ kg},$$
$$M = 0{,}9 \cdot 4320\ (0{,}15 \cdot 0{,}60 \pm 0 + 0{,}15 \cdot 0{,}08)$$
$$= 3888\ (0{,}090 + 0{,}012) = 396{,}6 \text{ kgm},$$
$$Q = \frac{396{,}6}{0{,}54} - 10 = 724{,}4 \text{ kg},$$
$$K = 1{,}2 \cdot \frac{724{,}4}{22{,}4} = \text{rd } 39 \text{ kg}.$$

Durch wiederholte Messungen sind folgende mittlere Ergebnisse gewonnen:

Anzahl der Kurbelumdrehungen	Oeffnungswinkel der Klappe $= \alpha$	Kraft zum Halten kg	Kraft zum Weiteröffnen kg
$1^1/_2$	28°	15	20
$2^1/_2$	38°	17,5	30
$3^1/_2$	49°	25	35
$4^1/_2$	60°	35	45
$5^1/_2$	70°	32,5	37,5
$6^1/_2$	80°	15	25

Diese an einer Federwage abgelesenen Zahlen werden allerdings als ziemlich schwankende und unsichere bezeichnet, immerhin ist es von Interesse, mit diesen gemessenen Kräften nicht nur den berechneten gröfsten Widerstand bei $\alpha = 60$ bis 70^0, sondern auch diejenigen zu vergleichen, welche für die angegebenen Stellungen der Klappe nach den Formeln 16 bis 18 usw. sich ergeben. Unter Benutzung der Abb. 8a ist, wenn die Ordinate bei $\alpha = 70^0$ gleich 0, 135 l ist (vgl. Formel 24), die Gröfse der übrigen nach dem gleichen Mafsstab abgegriffen; für die Zapfenreibung sind die Ordinaten der Abb. 8b mafsgebend:

Ergebnisse der Rechnung:

Oeffnungswinkel $\alpha =$	Moment der hydr. Widerstände $M_H =$	Moment der Zapfenreibung $M_z =$	Gesamt-Moment $M =$ in kgm	Betriebs-Kraft $K =$ in kg
0°	0,000 · Dl	0,150 · Dd	52	5
28°	0,038 „	0,150 „	150	15
38°	0,063 „	0,148 „	214	21
49°	0,091 „	0,146 „	288	28
60°	0,126 „	0,140 „	375	37
70°	0,132 „	0,130 „	387	38
80°	0,091 „	0,120 „	278	27

Diese Zahlen sowie die Ergebnisse der Messung sind in Abb. 14 zeichnerisch aufgetragen. Kann danach auch nicht eine

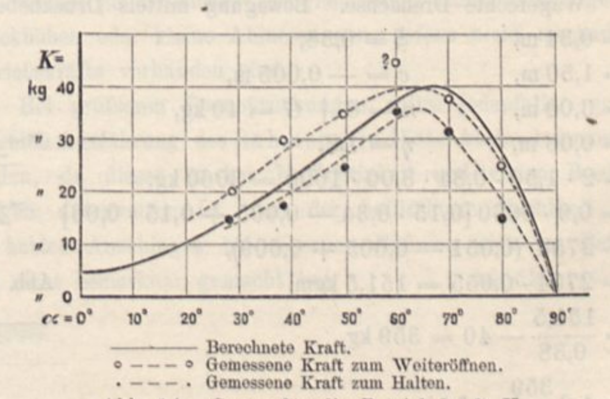


Abb. 14. Curve für die Betriebskraft K. (Stadtschleuse in Bromberg.)

völlige Uebereinstimmung der Ergebnisse behauptet werden, so scheint doch das Gesetz, nach welchem die Widerstände ermittelt sind, bestätigt zu werden.

Im Anschlusse hieran mögen die Messungen an dem als erstes Beispiel aufgeführten Drehschütz der Brahemünder Hafenschleuse, in gleicher Weise behandelt, hier nachgetragen werden.

Ergebnisse der Messung bei $H = 1{,}04$ m:

Anzahl der Kurbelumdrehungen	Oeffnungswinkel $\alpha =$	Kraft zum Oeffnen in kg
bis 6	bis 36°	∼ 15
7	42°	20
8	48°	24
9	54°	30
10	60°	30
11	66°	30
12	72°	27
13	78°	27
14	84°	15
15	90°	0

Ergebnisse der Rechnung für $H = 1{,}04$ m.

Oeffnungs-winkel $\alpha =$	Moment der hydr. Widerstände $M_H =$	Moment der Zapfenreibung $M_z =$	Gesamt-Moment $M =$ in kgm	Betriebs-kraft $K =$ in kg
0°	$0{,}000 \cdot Dl$	$0{,}150 \cdot Dd$	53	6
36°	0,060 „	0,149 „	170	20
48°	0,088 „	0,145 „	223	26
60°	0,126 „	0,140 „	295	34
72°	0,129 „	0,129 „	298	34
84°	0,060 „	0,110 „	156	18
90°	0,000 „	0,000 „	0	0

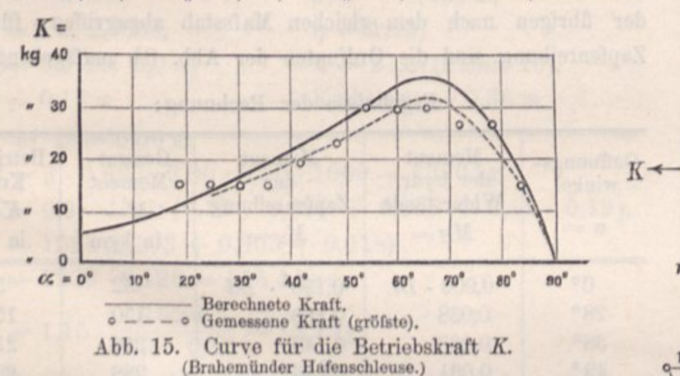


Abb. 15. Curve für die Betriebskraft K. (Brahemünder Hafenschleuse.)

Vgl. die vorstehende zeichnerische Darstellung, Abb. 15.

5. Drehschütz im Unterthor der Stadtschleuse in Bromberg.

Vgl. nebenstehende Zeichnung, Abb. 16.

Wagerechte Drehachse. Bewegung mittels Druckhebel.

$l = 0{,}34$ m, $\xi = 0{,}38$,
$b = 1{,}50$ m, $e = -0{,}005$ m,
$H = 3{,}00$ m, $n = 8 \mid G = 40$ kg,
$d = 0{,}06$ m, $\eta = 1{,}2$,

$$D = 2 \cdot 1{,}50 \cdot 0{,}34 \cdot 3{,}00 \cdot 1000 = 3060 \text{ kg},$$
$$M = 0{,}9 \cdot 3060\,[0{,}15 \cdot 0{,}34 - 0{,}005 + 0{,}15 \cdot 0{,}06]$$
$$= 2754\,(0{,}051 - 0{,}005 + 0{,}009),$$
$$= 2754 \cdot 0{,}055 = 151{,}5 \text{ kgm},$$
$$Q = \frac{151{,}5}{0{,}38} - 40 = 359 \text{ kg},$$
$$K = 1{,}2 \frac{359}{8} = 54 \text{ kg}.$$

Wegen der verhältnifsmäfsig kurzen Kniestangen mufste $\eta = 1{,}2$ genommen werden.

Gemessen ist mittels Federwage:

Weg des Druckhebels	Oeffnungswinkel $\alpha =$	Kraft zum Oeffnen $K =$ in kg
0°	30°	10
45°	45°	25
70°—110°	53°—68°	55
180	90°	0

Nach der Stellung 110° nimmt die Kraft schnell ab. Zum Bedienen sind bei gefüllter Schleuse zwei Mann mindestens erforderlich. Der Hebel wird jedoch anfangs nur $^1/_4$ seines Weges bewegt (bis 45°), was ein Mann sehr wohl vermag; erst nach einiger Entleerung der Schleuse wird der Hebel bis auf 90° ($\alpha = 60°$) gedreht, und schliefslich ganz umgelegt.

6. Dreschütz im Unterthor der zweiten Plauer Schleuse.

Wagerechte Drehachse. Druckhebel.

$l = 0{,}456$, $\xi = 0{,}49$,
$b = 1{,}250$, $e = -0{,}005$,
$H = 1{,}50$, $n = \frac{1{,}25}{0{,}25} = 5$,
$H\max = 3{,}24$, $G = \text{rd } 60$,
$d = 0{,}060$, $\eta = 1{,}1$.

$H = 1{,}50$ m,
$$D = 2 \cdot 0{,}456 \cdot 1{,}250 \cdot 1{,}50 \cdot 1000 = 1710 \text{ kg},$$
$$M = 0{,}9 \cdot 1710\,(0{,}15 \cdot 0{,}456 - 0{,}005 + 0{,}15 \cdot 0{,}060)$$
$$= 1539\,(0{,}068 - 0{,}005 + 0{,}009)$$
$$= 1539 \cdot 0{,}072 = 110{,}8 \text{ kgm},$$
$$Q = \frac{110{,}8}{0{,}49} - 60 = 166 \text{ kg},$$
$$K = 1{,}1 \cdot \frac{116}{5} = 36{,}5 \text{ kg},$$

$H = 3{,}24$ m,
$$Q = \frac{3{,}24}{1{,}50} \cdot 226 - 60 = 428 \text{ kg},$$
$$K = 1{,}1 \cdot \frac{428}{5} = 94{,}2 \text{ kg}.$$

Nach dem Berichte des Schleusenmeisters kann das Schütz bis zu einem Wasserstandsunterschied von 1,50 m durch einen Mann, der dann schon die ganze Kraft anwenden mufs, geöffnet werden. Darüber hinaus sind zwei Mann nöthig. Bei der gröfsten Druckhöhe sollen auch noch zwei Mann, wenn auch mit gröfster Kraftanstrengung, zum Oeffnen des Schützes imstande gewesen sein; vermuthlich haben dieselben nur halb geöffnet und erst nach einiger Anfüllung der Schleuse den Hebel ganz umgelegt.

Abb. 16.

Diese Beispiele dürften genügen, um die Brauchbarkeit des gefundenen Ergebnisses für praktische Zwecke zu erweisen. Die angeführten, besonders werthvollen Messungen an der Bromberger Stadtschleuse und an der Brahemünder Hafenschleuse sind von dem Regierungsbaumeister Sievers in Bromberg mit dankenswerther Bereitwilligkeit und thunlichster Sorgfalt ausgeführt worden. Derselbe hatte, wie mit Rücksicht auf die Unsicherheit der Messungen und das Schwanken der auftretenden

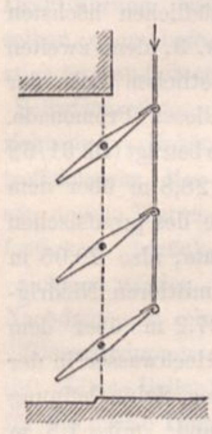
Kräfte erwähnt werden möge, von den Ergebnissen der vorstehenden Rechnung keine Kenntnifs.

Mittel zur Ueberwindung und Verringerung der Widerstände.

Wenn für die Bewegung der Klappschütze Maschinenkraft oder Druckwasser zur Verfügung steht, so hat die Anwendung selbst der gröfsten Abmessungen natürlich keine Bedenken. Ist man bei der Bedienung dagegen auf Handbetrieb angewiesen, so wird es sich empfehlen, die Abmessungen der Klappe, namentlich deren Höhe, so klein oder die Uebersetzung so grofs zu wählen, dafs die mit Hülfe der Formel 30 gefundene Betriebskraft nicht über 30 kg grofs wird.

Die Brauchbarkeit des für kleinere Verhältnisse aufserordentlich zweckmäfsigen Druckhebels findet bei höherem Druck und gröfseren Abmessungen der Klappe sehr bald ihre Grenze. In letzteren Fällen ist ein bequemer Betrieb durch Kurbel mit Zahnrad- oder Ketten-Uebertragung zu erreichen, vgl. die Beispiele Nr. 1 und 4, betr. die Bromberger Stadtschleuse und die Brahemünder Hafenschleuse.

Bei grofsen Abmessungen des Canals empfiehlt sich unter Umständen auch eine jalousieartige Zerlegung der Klappe; wird z. B. nach nebenstehender Abb. 17 die Höhe in drei Theile zerlegt, so vermindern sich die hydraulischen Widerstände, welche mit dem Quadrat der Höhe abnehmen, auf ein Drittel derjenigen, welche auf die ungetheilte Klappe wirken würden. Diese Zerlegung ist ausgeführt an der Seine-Schleuse bei Carrières-sous-Poissy.


Abb. 17.

Wenn man trotz grofser Abmessungen und hohen Drucks das Oeffnen der Klappe mit dem Druckhebel handhaben will, so bietet das bei dem Beispiel 3b erwähnte Mittel der Verlängerung der einen Klappenhälfte über den Anschlag hinaus einen Ausweg. Die Verlängerung a in Abb. 18 ist bei geschlossenem Schütz ohne Wirkung, tritt aber in Geltung, sobald letzteres theilweise geöffnet wird, und wirkt dann im Sinne des Oeffnens. Als Uebelstand dieser Anordnung ist die Schwierigkeit zu erwähnen, das Schütz während der Durchströmung zu schliefsen, wenngleich ein solcher Vorgang wohl nur sehr selten nöthig werden kann. Dieses Mittel ist an der Stadtschleuse in Bromberg von dem Verfasser mit Erfolg angewendet, um die zunächst fast unbeweglichen Drehschützen grofser Abmessung unter Beibehaltung des Druckhebels gangbar zu machen; auch soll dasselbe am Oder-Spree-Canal Anwendung gefunden haben.

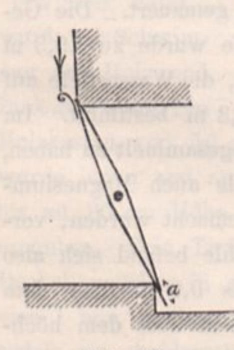
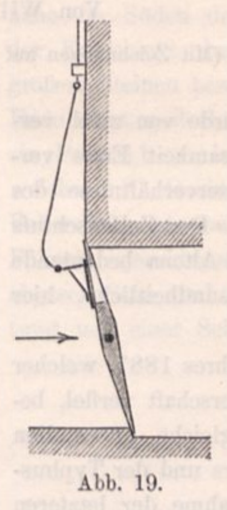
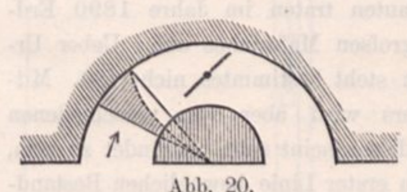


Abb. 18.

Auf dem gleichen Gedanken der Verminderung des Moments der Widerstände beruht eine andere, dem Vernehmen nach in Frankreich zur Ausführung gebrachte Anordnung. Hierbei wird die Fläche der entgegengesetzten Klappenhälfte verkleinert, indem, etwa in der Art der Abb. 19, ein Theil der Fläche vor dem Oeffnen dem Wasserdruck entzogen wird.


Abb. 19.

Bei Klappschützen mit lothrechter Drehachse kann die Führung des Canals zur Unterstützung des Oeffnens verwendet werden. In dem nachstehend im Grundrifs dargestellten Falle (Abb. 20) ist nämlich die auf Seite 387/88 für den geradlinigen Canal gemachte Angabe, dafs die Stofswirkung des Wasserstromes auf beide Seiten der Klappe eine gleiche und deshalb ohne Einflufs sei, nicht mehr zutreffend, vielmehr vertheilt sich die Geschwindigkeit und nach dem Quadrate der letzteren die Stofswirkung des Wassers in dem Canalquerschnitt etwa nach der schraffirten Fläche. Bei der gezeichneten Anordnung der Klappe wird deren Oeffnen daher unterstützt; bei entgegengesetztem Aufschlagen derselben würde das Oeffnen der Klappe durch den Stofs des Wassers erschwert werden. Die Krümmung des Canals veranlafst infolge der Veränderung der Geschwindigkeit der Wasserfäden auch Aenderungen des hydraulischen Drucks an der Klappe, auf welche hier indessen nicht eingegangen werden soll.


Abb. 20.

Was die vielfach zur Unterstützung des Oeffnens angewendete Excentricität der Drehachse anlangt, so ist deren Wirkung, da sie höchstens gleich der Hälfte der Anschlagsbreite bemessen werden darf, wenn nicht ein selbstthätiges Oeffnen der Klappe stattfinden soll und deshalb wohl selten über 5 mm beträgt, nur eine verschwindend geringe, wie aus den Berechnungen der früher aufgeführten Beispiele hervorgeht. Jedenfalls ist der durch solche negative Excentricität der Drehachse vermehrte Uebelstand der Undichtigkeit der Drehschütze, über welche allgemeine Klage geführt wird, viel erheblicher als der durch die geringe Kraftverminderung erreichte Vortheil. Es empfiehlt sich deshalb, entweder gar keine, oder eine auf Schliefsen wirkende, positive, Excentricität der Drehachse anzuwenden.

Schliefslich dürften wohl die vielfach gemachten Erfahrungen, zu welchen neuerdings diejenigen am Oder-Spree-Canal hinzutreten, dahin zusammen zu fassen sein, dafs die Anwendung der Drehschütze auf solche Fälle beschränkt werden sollte, für welche sie besonders geeignet sind, nämlich auf geringe Druckhöhen oder kleine Abmessungen, sofern nicht mechanische Betriebskräfte vorhanden sind.

Bei gröfseren Beanspruchungen sollte jedenfalls von der beliebten Ausführung des Rahmens in Holz Abstand genommen werden, da dieser starker Undichtigkeit und vielen Beschädigungen unterworfen ist, und der befürchtete Nachtheil eines zu harten Anschlages bei eisernen Rahmen sich im Betriebe gar nicht bemerkbar gemacht hat. Lieckfeldt.

Grundwasser-Beobachtungen im unterelbischen Gebiet.

Von Wilhelm Krebs.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 61 bis 63 im Atlas.)

Durch eine und dieselbe Ursache wurde von zwei verschiedenen Gesichtspunkten die Aufmerksamkeit Ende vergangenen Jahrzehnts auf die Grundwasserverhältnisse des unterelbischen Grofsstadtgebietes gelenkt. Der Zollanschlufs des Jahres 1888 hatte in Hamburg wie in Altona bedeutende Hafenbauten veranlafst. Dort gaben gesundheitliche, hier bauliche Vorkommnisse jene Anregung.

Die schwere Typhus-Epidemie des Jahres 1887, welcher in Hamburg ein Tausendstel der Einwohnerschaft verfiel, bewog den Klimatologen Brückner, Vergleiche anzustellen zwischen dem Schwanken des Grundwassers und der Typhusgefahr. Das Ergebnifs war, dafs der Zunahme der letzteren eine besondere Ursache zu Grunde liegen müsse, welche in den ausgedehnten Hamburger Hafenbauten gefunden wurde. Bei den Altonaer Hafenbauten traten im Jahre 1890 Erdrutsche und Senkungen grofsen Mafsstabes auf. Ueber Ursache und Natur derselben steht bestimmtes nicht fest. Mitwirkung des Grundwassers wird aber von verschiedenen Seiten angenommen, und dies scheint sehr begründet zu sein, da das Grundwasser den in erster Linie beweglichen Bestandtheil des Bodens darstellt. — Es sei an dieser Stelle gestattet, den Wunsch auszusprechen, dafs durch Anwendung aller Mittel wissenschaftlicher Untersuchung diese bewegende Thätigkeit der Bodenwasser geklärt und eine Unterlage geboten werde zu umfassenden und nach jeder Richtung sicheren Schutzmafsregeln.

Neben diesen praktischen Rücksichten ist an einer solchen Untersuchung des unterelbischen Gebietes ein hervorragendes wissenschaftliches Interesse vorhanden. Zwei Bodenarten, welche gleicherweise wasserhaltig sind, setzen die obere Schicht zusammen: Geest und Marsch, mit binnenländischen Namen: Sand- und Sumpf- oder Wiesenboden. Auf Sandboden ist fast ganz Altona, auf Sumpfboden ein grofser Theil Hamburgs erbaut. Altona steht ferner hoch auf dem ersten Hügel des uralisch-baltischen Höhenzugs jenseit der Alsterniederung. Diese dagegen enthält das Kerngebiet Hamburgs, dessen südlicher, von Flethen durchzogener Theil auch als Stadtmarsch bezeichnet wird. Südlich, unmittelbar der Stadtmarsch, fast dem Altonaer Hügel entlang fluthet und ebbt in seinem Mündungstrichter der wasserreichste Strom Deutschlands. Das ist fürwahr ein Gebiet, in welchem durch genaue Beobachtung mehrere Streitfragen der wenig entwickelten Lehre von der Wasserbewegung im Boden auf einmal gelöst werden können. (Vgl. die Karte, Blatt 63.)

Aeufsere Vortheile treten hinzu. Durch ausgiebige Wasserversorgung beider Städte aus der Elbe selbst sind die zahlreich vorhandenen Brunnen aufser Dienst gesetzt, also der ungestörten Beobachtung ihrer Wasserstände zugänglich geworden. Die Beobachtung der Elbwasserstände ist in beiden Städten wohl geordnet. Die Aufzeichnungsvorrichtungen der Deutschen Seewarte arbeiten ununterbrochen an einer fortlaufenden genauen Geschichte der atmosphärischen Witterung.

Jene Anregungen und diese Gelegenheiten veranlafsten den Verfasser, im Frühjahr 1890 die scharfe Untersuchung der Wasserstände eines Altonaer Brunnens in Angriff zu nehmen. Sie galt in erster Linie den meteorologischen Beziehungen. Räumliche wie sachliche Erweiterung war in Aussicht genommen. Für die erste Anlage erfreute er sich der materiellen und moralischen Hülfe des Zweigvereins Hamburg-Altona der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft, für die ersten Arbeiten der Mitwirkung eines aus diesem Verein gewählten Ausschusses. Wenn jene Erweiterung unterblieb und dieser Ausschufs nach zehnmonatlichem Bestehen einging, so lag das daran, dafs die Anschauungen über die Witterung der Tiefe, wie man die Grundwasserlehre sehr wohl bezeichnen kann, noch zu wenig entwickelt sind, um ihren Werth vollständig zu würdigen. Doch war es schon jenem neunmonatlichen Beobachtungs-Unternehmen vergönnt, neue, wichtige Bausteine zu ihrer Vollendung zu liefern.

Der Brunnen *a* (Abb. 1) liegt im südlichen höchsten Theile von Altona, im Garten Palmaille Nr. 3, dem zweiten von der östlichen Ecke der Südseite dieser Promenade. Seine Höhe beträgt (Bl. 61/62 Abb. 6p), 28,8 m über dem Nullpunkte des preufsischen Nivellements, also 29,05 m über dem mittleren Niedrigwasser, 27,2 m über dem mittleren Hochwasser in der Elbmündung. Seine Oeffnung ist kreisrund, mit 1,5 m Durchmesser. Der Schacht führt in gleicher Weise nach der Tiefe und ist aus Backsteinen gemauert. Die Gesamttiefe wurde zu 19,3 m erlothet, die Wassertiefe auf etwa 1,3 m bestimmt. Im unteren Theil schien sich Kohlensäure angesammelt zu haben, denn sowohl das Licht einer Laterne, als auch Magnesiumlicht, mit denen Beleuchtungsversuche gemacht wurden, verloschen auf dem Wege. Die Brunnensohle befand sich also noch 7,9 m, der Wasserspiegel mehr als 9,0 m über dem mittleren Hochwasserstand, 6,75 bez. 8,0 m über dem höchsten Hochwasserstand im Mai 1890, 3,6 bez. 2,3 m über der höchsten bekannten Sturmfluth vom 2. Februar 1825.[1]) Die Steigung vom mittleren Niedrigwasser am rechten Elbufer bis zu dem Wasserspiegel des Brunnens beträgt 1 : 21 oder 3°, die gerade Entfernung 215 m. Der Brunnen liegt auf der Südseite einer Hügelkuppe, welche 350 m weiter im West-Nordwesten mit 36 m gipfelt. Die Oberflächensteigung vom Niedrigwasser bis zum Brunnen beträgt 8°, von diesem bis zu dem erwähnten Gipfel noch nicht 1°. Auf derselben

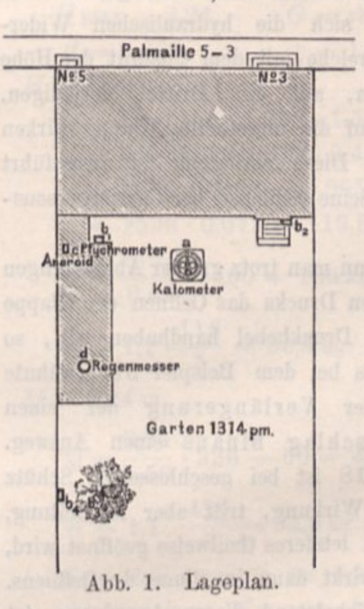


Abb. 1. Lageplan.

1) Bericht über die Gemeinde-Verwaltung der Stadt Altona in den Jahren 1863—1888. I. Altona 1889. S. 21: 5,844 m über Null.

Kuppe befinden sich mehrere Brunnen, welche theilweise noch jetzt ein sehr geschätztes Trinkwasser liefern. Der nächste, etwa 30 m im Osten angelegte, ist gegenwärtig verschüttet. Die nächsten beiden benutzten Pumpbrunnen stehen etwa 100 m entfernt im West-Nordwesten, 60 m im Süden.

Vor und nach Anbringung des Meſswerkzeugs war der Brunnen mit zwei Sandsteinplatten bedeckt, die von einer die Mündung überquerenden Eisenschiene gehalten werden. Ueber ihnen liegt eine 0,5 m hohe Schicht Erde, welche im nördlichen Theile bepflastert ist. Die Aufdeckung dauerte sechs Tage, vom 30. April bis zum 6. Mai.

Das Meſswerkzeug, Katometer (von κατὼ nach unten, μετρεῖν messen), besteht nach Abbildungen 2 u. 3 aus einem Schwimmer, einer Säule, an welcher die Drahtführung desselben oben befestigt ist, und einer Selbstschreibvorrichtung. Neben treffsicherem Messen muſste Wetterfestigkeit berücksichtigt werden. Nachdem sich ein Glasschwimmer (30 Liter-Ballon) für die groſse Tiefe und Weite des Schachts zu rechter Zeit als untauglich erwiesen hatte, wurde ein Schwimmer aus Holz und Zink gearbeitet. Ein Holzkasten von 56 cm Länge, 29 cm Breite, 32 cm Höhe wurde innen und auſsen getheert, mit Ballast versehen und bis zu 25 cm Höhe mit einem dicht verlötheten Zinkmantel umgeben. Sein Tiefgang betrug danach 4 cm. Auf seinem Deckel wurden in einem kleinen Rechteck die Enden von vier 1 mm starken Kupferdrähten mit Schrauben befestigt, sodaſs sie, beiderseits paarweise angezogen, den Kasten in wagerechter Schwebe hielten. Die Drähte, zu je 25 m bemessen, stellten die Drahtführung dar. Am 5. Mai wurde der Kasten an ihnen in den Brunnenschacht gesenkt und dieser vorläufig bedeckt. Die Drähtepaare wurden innerhalb der Mittelfuge der beiden Steinplatten, beiderseits der Eisenschiene, 4 cm von einander durch gelochte Gummistücken, weiter oben durch zwei Paar 32 cm lange thönerne Drainrohre geführt, die, in zwei Stockwerken übereinander gestellt und mit Cement befestigt, den Drähten Schutz vor unmittelbarer Berührung und Reibung mit der Erdschicht gewähren. Am 6. Mai wurde diese Erdschicht in einer Höhe von 0,5 m aufgeworfen und der Oberbau errichtet. Die 3 m hohe, im Querschnitt rechteckige Holzsäule wurde auf den Steinplatten, nahe im Süden der Röhrenpaare aufgestellt und innerhalb der Erdschicht durch ein an ihrem Fuſse befestigtes, mit groſsen Steinen beschwertes Quergerüst verankert. Ihr oberes Ende trägt, gedeckt von einem kleinen, unten offenen Kasten, ein Paar 11 cm im Durchmesser haltende hölzerne Rollen, welche mit Messinglagern um eine stählerne Achse laufen. Ueber jede ist von Norden nach Süden ein Drähtepaar der Führung geschlagen. Jedes derselben wurde in Augenhöhe abgeschnitten und zur Befestigung der Selbstschreibvorrichtung mit einer Schlinge versehen. Die Vorrichtung besteht aus einem 23 cm hohen, 5 cm breiten, 6 cm langen Kästchen, welches mit Eisenstücken gefüllt und unten mit einem Fünfpfundgewicht beschwert ist. (Abb. 2, b). Rechts und links sind Bleistifte angeschraubt, deren flachzugeschärfte Spitzen auf zwei Papierstreifen stoſsen, welche auf der nördlichen Säulenfläche angesteckt sind. Zwischen ihnen ist ein in Millimeter eingetheilter Meterstab befestigt. Die Papierstreifen nehmen die Strichnoten der Bleistifte auf und werden nach Bedarf gewechselt. Die Aufzeichnung geschieht im einzelnen von der Hand des Beobachters. Für gröſsere Schwankungen innerhalb zweier Beobachtungszeiten ist die Vorrichtung selbstzeichnend, da die Bleistiftspitzen durch zweckmäſsige Belastung des Kästchens beständig an die Streifen angedrückt werden. Durch Verschiebung des Gewichts von vorn nach hinten kann die Stellung der Spitzen bis auf 1 cm berichtigt werden. Auf diese Weise werden gröſsere Correctionen, welche beim Einschrauben neuer Stifte entstehen, vermieden. Der Bau des Katometers und die Vorbereitung des Brunnens bis fertig zum Messen kostete 6 Tage und 25 ℳ.

Abb. 2.

Abb. 3.

Katometer.

Der Wasserstand vom 6. Mai wurde nach Versenken des Schwimmers möglichst genau durch freihändige Messung bestimmt. Ein leichtes Brett von Cedernholz (Deckel einer Cigarrenkiste) wurde wagerecht schwebend an einem dünnen Baumwollfaden befestigt und hinabgelassen. Die Breite des Brettes gestattete genaues Ausfühlen des Schwimmpunktes; sie und die Leichtigkeit des Fadens verhinderten das seitliche

Ausbiegen des letzteren, also fehlerhafte Vergröfserung der gemessenen Strecke. Diese, von den steinernen Deckplatten des Brunnens bis zu seinem Wasserstande genommen, ergab sich nach fünfmaligem genauen Nachmessen zu

17 550 mm,

eine Tiefe, welche hinreichend zu der durch Messen der Führungsdrähte gewonnenen, nämlich 17 640 mm, stimmt.

Der Wasserstand vom 6. Mai ist demnach auf

17 600 mm

zu mitteln, genommen von der Oberfläche der Steinplatten. Diese liegen aber 470 mm unterhalb der Oberfläche der die Erdschicht deckenden Holzplatten (Abb. 2, b). Jener Wasserstand, von diesen aus gemessen, liegt also

18 070 mm

unter der Bodenoberfläche. Diese Zahl ist den aufgezeichneten Beobachtungen als Werth vom 6. Mai, den Curven als Höhenwerth der Grundlinie untergelegt. Beobachtet wurde in zweistündigen Zwischenräumen, von 8 Uhr morgens bis 10 Uhr abends, in den letzten Monaten meist auch morgens um 6, oft nachts um 12 Uhr, zuweilen auch zu anderen Tages- und Nachtstunden. Die Selbstaufzeichnung wurde einmal benutzt, in der Nacht vom 22. bis 23. November 1890.[2]) Sonst wurden ausschliefslich die angestrichenen Terminbeobachtungen in die Curven eingetragen. Diese Anstreichungen wurden erst nach mehrmaligem Ziehen an dem Kästchen, bis der Stift wiederholt dieselbe Stelle traf, vorzüglich mit dem rechtsseitigen Stift vorgenommen, am Mafsstab abgelesen und bis auf Bruchtheile von Millimetern vermerkt.

Zum Vergleich wurden für eine vierzigtägige Reihe die Ebbe- und Fluthbeobachtungen an der Unterelbe und die in der Nachbarschaft vorgenommenen Grundwasserbeobachtungen und Bohrungen herangezogen. Von der Wasserbau-Direction in Hamburg wurden mit dankenswerthem Entgegenkommen die Beobachtungen am Hamburger Elbpegel vom 1. Mai bis 15. Juni 1890 zur Verfügung gestellt, ebenso vom Altonaer Stadtbauamt die Ergebnisse der im Jahre 1890 an zehn Bohrstellen vorgenommenen Bodenuntersuchung und die seither wöchentlich einmal fortgesetzten Grundwasserbeobachtungen an sieben von diesen Stellen und einem anderen Bohrloch zu Bahrenfeld, 1 bis 2 km westlich von Altona; von Herrn Sanitätsbeamten Müller ferner die auf hamburgischem Gebiet in Eimsbüttel an zwei Bohrlöchern täglich vorgenommenen Grundwassermessungen, von Herrn Ingenieur von Ahlefeldt seine täglichen Beobachtungen an drei Brunnen des Ohlsdorfer Friedhofes. Das Bureau für Zollanschlufsbauten in Altona gestattete lehrreiche Einblicke in die Boden- und Grundwasserverhältnisse des Altonaer Elbufers. Den erwähnten Behörden und Herren, sowie der Deutschen Seewarte für die zur Verfügung gestellten Instrumente sei hiermit der schuldige Dank abgestattet. Ganz besonders danke ich noch Herrn Techniker Heitmann am Altonaer Stadtbauamte die genaue Feststellung der Höhe der Katometerstelle.

Der Baugrund des eigentlichen Altona, ohne die in den Jahren 1889 und 1890 eingemeindeten Orte im Westen, besteht im wesentlichen aus gelbem Sande. In seine Oberfläche theilen sich, durch eine schräg von Südwesten nach Nordosten gerichtete Grenzlinie getrennt, Sand und Lehm in nahezu gleichem Mafse, Sand im südöstlichen, sandreicher Lehm im nordwestlichen Theile, letzterer unterbrochen jenseit der Verbindungsbahn mit Hamburg im Norden durch eine Zone wasserhaltigen Sandes, im Gebiete der dort der Alster zufliefsenden Isebek. Im Osten, entlang der hamburgischen Grenze, ist das Sandgebiet umrandet von blauem Thon. Der Reihenfolge: Lehm, Sand, Thon, von Westen nach Osten, entspricht diejenige der Bodenschichten von oben nach unten, im westlichen Stadtgebiet (Blatt 61/62 Abb. 6). Die Schichtenfolge ist mit hinreichender Uebereinstimmung nach den Bohrungen festzustellen, welche vom Altonaer Stadtbauamt anfangs 1890 entlang der Ottensener Grenze, von der Elbe bis fast zu dem in das Isebekgebiet gehörenden Diebsteich veranstaltet wurden. Einer meist zwischen 5 und 10 m Mächtigkeit schwankenden, von Sand durchsetzten Lehmschicht folgt dort eine 10 m und mehr mächtige Sandschicht, welche ihrerseits auf Mergel, Thon und Glimmerthon lagert. Nur im Norden, etwa von der V förmigen Abzweigung der alten Verbindungsbahn an, wird dieser sandige Hauptstock des Bodens von einer entsprechend mächtigen Lage Mergel abgelöst. Auffallend ist dabei, dafs die verschütteten Berge, sowohl der Sand- als auch der Thon- und dieser Mergelschicht, den nach Süden gerichteten steilen Abfall der Oberfläche nachahmen, während die Bodenoberfläche stetig nach Norden sinkt. Das Grundwasser hat seinen Spielraum, wie zu erwarten, in der Sandschicht. Mergel und Thon stellen die undurchlässigen Schichten dar, der Glimmerthon nur, soweit er nicht, wie meist bis zu der erbohrten Tiefe des preufsischen Nullpunktes, schlammig erweicht ist. Dem nach Süden gerichteten Abfall auch der beiden unteren Schichten entspricht es, dafs die Wasserstände in den Bohrlöchern des Sandgebietes von der erwähnten Nordgrenze an nach Süden sinken. Daraus ergiebt sich die Vorstellung, dafs man es in diesem südlichen oder eigentlich altonaischen Gebiet und wohl auch weiterhin unter den sich im Westen anschliefsenden Sandhügeln mit einem von Norden nach Süden absickernden Grundwasserspiegel, im Sinne der Daubrée'schen *nappe d'eau* zu thun hat. Als dritter Grund spricht für diese Vorstellung, dafs aus dem Fufse des Altonaer Abhangs, entlang dem Ufergelände der Elbe starke Quellen entspringen, welche bei dortigen Bauunternehmen schon genug an kleinem und grofsem Unheil angerichtet haben. Jetzt werden sie durch das Sielnetz drainirt, welchem Schicksal ein kleiner, sogleich neben der südwestlichen Mündung des nach dem Kai führenden Eisenbahntunnels gelegener Teich vollständig zum Opfer gefallen ist. Noch im Januar 1892 erschlofs der Bau eines Kellers im Hause Grofse Elbstrafse Nr. 246 eine Quelle, welche eine besondere Ableitung erforderte. Dieser Verlauf des breiten Grundwasserstromes ist also der Steigung der Oberfläche entgegengesetzt, entspricht aber der Lagerung der unteren undurchlässigen Schichten. Er ist für das im Westen anschliefsende Hügelgelände nicht nur wegen des im allgemeinen gleich erscheinenden Bodenbaues, sondern auch deshalb ebenfalls wahrscheinlich, weil einerseits der Grundwasserstand des Bahrenfelder Bohrlochs entsprechend hoch ist und anderseits entlang dem der Elbe zugewandten bedeutenden Abfall eine tiefere Stufe in Neumühlen zwei vom Berge aus gespeiste umfangreiche Teiche enthält. Einer wesentlich tieferen Höhenlage, wenn man von der Meereshöhe ausgeht, gehört der Wasserstand des Bohrloches VIII im

2) Auf Blatt 61/62 Abb. 4 noch nicht verzeichnet.

Norden von Altona, jenseit der Verbindungsbahn an. Ihm entspricht ungefähr der Wasserstand des Müllerschen Bohrloches im Eimsbütteler Isebekgebiet (Blatt 61/62, Abb. 6). Dieser Bach, unter dessen Einflufs die Eimsbütteler Grundwasserstände durchaus zu stehen scheinen, ist das Oberflächengerinne einer zweiten tieferen Grundwasserfläche, welche auch (Karte, Blatt 63) in der den Diebsteich umgebenden wasserdurchtränkten Sandschicht hervortritt. Es scheint, als ob das Grundwasser des Bohrloches VIII dieser Fläche angehört. Die Jahres-Schwankungen desselben hatten 1890/91 jedenfalls Aehnlichkeit nicht allein mit der von Müller in Eimsbüttel, sondern auch von Ing. von Ahlefeldt in Ohlsdorf beobachteten Schwankung. Ueber die Vermuthung hinauszugehen, wird durch die ungenügende Schärfe aller dieser Messungen noch verboten. Mit der Elbniederung steht die Niederung der Isebek in Verbindung durch die von Norden nach Süden streichenden Thäler zweier kleiner früheren Bäche, des Pfeffermühlenbek und des Grenzbaches. Durch eine Wasserscheide von etwa 17 m Höhe getrennt, flofs der erstere der Isebek, der letztere der Elbe zu. Gegenwärtig sind entlang dieser Niederung grofse Siele angelegt, der Grenzbach ganz, der Pfeffermühlenbek auf Altonaer Grund zum Schwinden gebracht. (Karte, Blatt 63.) Gelegentlich der Sielbauten wurden flache Grundwasserstände (1,50 bis 3,40 m unter der Oberfläche) und Dämme zum Aufstauen von Teichen gefunden. Der Altonaer Hügel fällt ferner auch nach dem Grenzbachthal ab, zwar nicht so steil wie nach der Elbniederung, doch bis zu der nicht viel gröfseren Meereshöhe von 6 bis 13 m. Zieht man endlich in Betracht, dafs die Oberfläche dieses Thalgebietes gröfstentheils von blauem Thon zusammengesetzt wird, welcher der in der untersten der drei Tiefenstufen des Altonaer Bodens vorherrschenden Bodenart entspricht, so besteht grofse Wahrscheinlichkeit dafür, dafs die Altonaer Grundwasserfläche auch nach Osten hin absinkt, um dort, wie früher vom Grenzbach, jetzt von dem östlichen Stammsiel aufgenommen und der Elbe zugeführt zu werden.

Doch ist nicht ausgeschlossen, dafs das in jener Niederung selbst gefundene Grundwasser einer anderen Tiefenlage angehört als das geschilderte des Altonaer Sandgebietes. Jedenfalls konnte der vermuthete seitliche Zuflufs nicht verhindern, dafs sein Stand nach der Sielanlage zu der normalen Tiefe derselben, 3,40 m, herabsank. Wahrscheinlich selbstständig ist aber ein drittes Grundwassergebiet. Dasselbe wird von dem Vorlande des Elbufers gebildet, welches etwa 5 m hoch sich von 180 m im Osten auf 60 m im Westen verschmälert. In der Osthälfte liegt der feste blaue Thon, in der Westhälfte meist Sand an seiner Oberfläche. Die erwähnten Quellen treten an seinem Nordrand zu Tage, dort, wo sich die Elbfront des Altonaer Hügels mit ziemlich starker Steigung erhebt. Das Grundwasser findet sich in wenig mehr als 1 m Tiefe. Die Schwankungen stehen unter dem Einflufs der Fluthbewegung in der Elbe. In einem Brunnen, welcher in dem westlichen, für den Seeschiffhafen bestimmten Streifen bis nahe zu 7 m Tiefe angelegt wurde, hatte Verfasser Gelegenheit, zur Ebbezeit das Abströmen des Grundwassers von der Berg- nach der Elbseite, zur Fluthzeit das Rückströmen desselben unmittelbar zu sehen.

Auf die Wasserstände des beobachteten Brunnens erstreckte sich diese Herrschaft der Fluthbewegung nicht. Schlagend trat das im Mai hervor (Blatt 61/62, Abb. 1). Das Grundwasser erreichte am 28. dieses Monats den ersten seiner zwei höchsten Stände im Jahre, mit

17,8625 m

unter der Bodenoberfläche, also etwa 9 m über Null, 21,05 cm über seinem bisher tiefsten Stande vom 6. Mai. Die Elbe zeigte weder an diesem Tage noch kurz vorher einen besonders hohen Stand. Erst drei Tage später, am 31. Mai, erreichte derselbe die gröfste Höhe dieses Monats mit 2,253 m über Null der preufsischen Landes-Aufnahme. Auch von den kleinen Schwankungen der vierzigtägigen Vergleichsreihe läfst keine auf einen merklich stauenden Einflufs der Fluth in der Elbe einwurfsfrei schliefsen. Wie aus einem Vergleich der Schwankungs- mit der Ebbe- und Fluth-Curve hervorgeht, zeigten diese Bewegungen u. a. am 3. Juni zwischen 4 und 6 Uhr, am 12. Juni zwischen 12 und 2 Uhr gerade entgegengesetzten Verlauf, welcher jedesmal nur in einem Theile aus einer bestimmten Ursache zu erklären ist.

Auch das Verhältnifs des katometrisch beobachteten Grundwassergebietes zu demjenigen der Isebek wurde im Jahre 1890 ungemein deutlich gekennzeichnet. In Abb. 1 (Blatt 61/62) sind die Schwankungen der von Herrn Müller im Mai in Eimsbüttel beobachteten beiden Grundwasserstellen der Altonaer Curve beigefügt, auf $^1/_{30}$ verkleinert. Bis zum 28. zeigten sie einen dieser Curve gerade entgegengesetzten Verlauf. Starkes Fallen dort, starkes Steigen hier. Der folgende Gleichlauf (Blatt 61/62, Abb. 7) dauerte allerdings bis Ende Juli. Im wesentlichen blieb aber der Verlauf der beiderseitigen Curven jenem Gegensatze treu. Der in der Abbildung dargestellte Vergleich ergiebt nahezu die Gestalt einer ∞. Dem höchsten der in Altona beobachteten Grundwasserstände, in der Nacht vom 18. zum 19. October

= 17,8345 m,

folgte am Morgen des 19. October in Eimsbüttel der sehr tiefe von 4,85 m und nicht lange danach am 9. November der dort tiefste Stand der Beobachtungsperiode von 4,80 m. Der verdienstvolle Beobachter selbst wählte den Jahrgang 1890, um in den Zusammenhang zwischen Grundwasserständen und Niederschlagsmengen einzudringen.[3]) Er wählte zum Vergleich die Monatswerthe. Es war das ein glücklicher Griff, weil diese gerade in genanntem Jahre starke Schwankungen zeigten, übermäfsig viel Niederschläge im Juni und Juli, ungemein wenig im Februar, September, December. Leider beschränkte er sich aber auf den monatweisen Vergleich der Zahlen, ohne denjenigen der Curven in Betracht zu ziehen. So entging es ihm, dafs der Zusammenhang ein nahezu vollkommener ist, wenn man die monatliche Curve der Grundwasserstände um einen halben bis einen ganzen Monat zurückverschiebt (Abb. 7). Aus demselben ist als erwiesen anzusehen, dafs die Monatssummen der Niederschläge in der Grundwasserbewegung des Isebekgebietes nach Verlauf der erwähnten Zeit zur Geltung gelangten. Wie erwähnt, ist es wahrscheinlich, dafs die Wasserstände in den Müllerschen Bohrlöchern vollständig unter dem Einflufs der Isebek stehen. Das hauptsächlich beobachtete liegt nur etwa 100 m entfernt, auf einem 5 m höheren Gelände. Sein Wasserspiegel liegt in nahezu derselben Ebene wie derjenige der Isebek. Die

3) Hamburgischer Correspondent, 29. März 1891.

im Jahre 1885 begonnene, mehrere Jahre währende Regulirung dieses Baches übte deutlichen Einflufs auf die Grundwasserstände aus. Die höchsten der Jahre 1884, 85, 86 und 87 betrugen 0,16, 0,61, 2,54 und 4,70 m unter der Erdoberfläche. Leider fehlen den Grundwassermessungen gleichzeitige Pegelmessungen der Isebek. Leicht würde es sein, durch solche über den vermutheten Zusammenhang zu entscheiden. Doch ist es gestattet, mit der grofsen Wahrscheinlichkeit desselben zu rechnen. Jedenfalls würde er die Verspätung im Einflufs des Regenfalls auf die Grundwasserstände erklären helfen, indem an demselben das ganze obere Isebekgebiet betheiligt sein würde, dessen Grenzen 2 bis 4 km entfernt sind. Vielleicht übt auch das Sammelbecken des Diebsteiches und seine sumpfige Umgebung eine hemmende Wirkung aus.

Die beiden grofsen Schwankungen des Jahres 1890 in dem Altonaer Brunnenstande sind wegen ihres den Eimsbütteler Wasserständen entgegengesetzten Verlaufes ein ungelöstes Räthsel, denn die monatliche Vertheilung der Niederschläge ist für die Altonaer Stellen dieselbe wie für die Eimsbütteler. Sie liegen wenig mehr als 3 km von einander entfernt. Den sicheren Nachweis gestatten gleichzeitige Niederschlagsbeobachtungen in den fünf Monaten 1890/91:

September, October, November, December, Januar:
Niederschlagsmenge (Blatt 61/62, Abb. 7);

in Altona	19,3 mm	62,8 mm	48,0 mm	1,9 mm	33,7 mm
in Eimsbüttel	21,0 „	92,0 „	41,4 „	3,1 „	37,2 „

Es ist nicht ausgeschlossen, dafs in der mächtigen Sandschicht des Altonaer Gebietes der Niederschlag von Wasser im Boden aus feuchter Luft bedeutende Ausdehnung gewinnen kann. Das Auftreten der höchsten Stände in den Monaten Mai und October (Abb. 1, 3, 7) würde damit stimmen, indem jedenfalls im Mai der Boden noch kühl, die Luft infolge der starken Aprilregen von Feuchtigkeit geschwängert war. Anderseits sprechen aber Thatsachen für ein Ein- und Fortsickern der unterirdischen Wassermassen. In der Gegend des Bohrloches VII, dort, wo die augenscheinlich zusammenhängende Altonaer Grundwasserfläche ihre obere Grenze hat, fand ich bei drei Besuchen zweimal einen ausgedehnten Tümpel zusammengelaufenen Regenwassers vor, einmal etwa 25 m im Süden, 50 qm grofs, das andere Mal 20 m im Süden, 150 qm grofs. Es scheint, als ob dieses für das Zusammensickern günstige Gebiet eine Art Hauptquelle des Altonaer Grundwassers darstellt. Unter ihr bilden sich nach starkem Regen Anhäufungen der Bodenwasser, welche als grofse Wellen allmählich nach Süden und vielleicht Osten absickern. Dafs diese unterirdischen Wassermassen aber trotz der Canalisation auch auf dem Wege nach der Elbe beträchtlichen Zuwachs von oben empfangen, dafür bürgt der Befund im vierten Bohrloch des Stadtbauamtes zur Zeit seiner Herstellung, Februar 1890. In 14,7 m Tiefe fand sich der Sandboden von Wasser durchtränkt, nach 17,5 m wieder trocken, ohne dafs dort eine undurchlässige Schicht festzustellen war. Augenscheinlich war eine in den Boden absickernde Regenlage bei der Bohrung auf ihrem Wege angetroffen worden (Blatt 61/62, Abb. 6, IV).

Den unmittelbarsten Beleg für den Einflufs der oberen Meteorologie auf die grofsen Schwankungen des Grundwassers ergab aber das Verhalten im Januar 1891. Vom 18. October bis zum 24. December war das Brunnenwasser langsam gesunken. Von da bis zum 14. Januar hatte es nahezu den gleichen Stand behauptet. Am 14. Januar, abends 6 Uhr, begann es stark zu sinken und blieb bei dieser Bewegung bis zum 20. Januar mittags, von welcher Zeit an es den erreichten tiefen Stand beibehielt. In den 6 Tagen vom 14. bis 20. Januar sank es um 18 cm, um 3 cm mehr als in den 37 Tagen vom 18. October bis 24. December. Im zweistündigen Durchschnitt betrug jenes Fallen vom 14. bis 20. Januar 2,6 mm, das an Stärke nächste der Beobachtungsreihe, an den 6 Tagen vom 28. Mai bis zum 4. Juni 1890 nur 1,6 mm. Gegen die Mitte des Januar 1891 hatte aber die Witterung des unterelbischen Gebietes einen scharfen Umschlag zu verzeichnen. Seit dem 25. November 1890 hatte mit geringfügigen Unterbrechungen strenger Frost angehalten. Erst in der Nacht vom 11. zum 12. Januar trat nachhaltiges Thauwetter ein, welches bis zu der Nacht vom 14. zum 15. dauerte (Abb. 8). Nach den Niederschlägen im October, welche den langjährigen Durchschnitt überstiegen, und denen im November, welche ihn nahezu erreichten, war der December ungemein trocken gewesen. Diese Trockenheit wirkte, wie dargelegt, urplötzlich auf den Grundwasserstand. Es liegt nahe, die vermittelnde Ursache in jenem Thauwetter zu erblicken. Dasselbe brachte einen *vis a fronte* zur Geltung. Die oberirdischen oder nahezu oberirdischen Ausflüsse des Altonaer Grundwassers wurden freigemacht. Das Wasser, durch den tief in den Boden eingedrungenen Frost an seiner Mündungsstelle von der Aufsenwelt abgefroren, konnte wieder fliefsen. Der Nachschub wurde aber infolge der Decemberdürre von Stunde zu Stunde geringer. Für diese Annahme spricht durchaus der gleichmäfsige Stand, welchen das Grundwasser vom 24. December an behauptete, und die Geringfügigkeit seines Sinkens vom Abend des 25. November an.

Dieser gleichmäfsige Stand gewann grofse Wichtigkeit für eine andere Seite der Grundwasser-Untersuchung. Schon in dem ersten Ausschufs-Bericht vom 1. Juli 1890, welcher über die Zeit vom 1. Mai bis 30. Juni erstattet wurde, war auf eine andere Art der Grundwasserschwankungen als die bisher geschilderte aufmerksam gemacht worden. Auf die erwähnten grofsen des Jahres 1890, zwei riesige, sich über Monate ausdehnende Wogen, setzen sich wie Riffeln kleine Schwankungen auf, die oft nur Stunden, meist einige Tage umfassen. Schon in jenem Bericht war auf einen möglichen Einflufs von Regen, Verdunstung und Luftdruck verwiesen worden. Die letzte, weniger bestimmt ausgesprochene Vermuthung wurde zuerst und in einer alles Erwarten übertreffenden Weise bestätigt. Am reinsten trat das Verhältnifs der Luftdruck- zu den Grundwasser-Schwankungen in der erwähnten Zeit gleichmäfsigen Standes hervor.

Leitend war das Verhalten bei Gewittern gewesen, welche ja mit einer plötzlich starken Steigerung des Luftdrucks („Gewitternase“ oder „Druckstufe“ im Barogramm) verbunden zu sein pflegen. In der Zeit vom 7. Mai bis 31. August ereigneten sich 39 mal gewitterhafte Zustände: 24 mal Nahgewitter, 9 mal Donner, 2 mal Wetterleuchten, 4 mal Böen. In diesen 39 Fällen wurde 20 mal ein Sinken, 11 mal ein Stehen, 8 mal ein Steigen des Brunnenstandes während derselben Zweistunden-Pause beobachtet. Bei zwei der acht Ausnahmefälle gelang es in einem Theile desselben, bei einem in dem vorhergehenden, bei einem in dem nachfolgenden, das

Fällen festzustellen, während die beiden übrigen Ausnahmefälle Nachtgewitter betrafen, bei welchen, wie sonst zur Nachtzeit, die Grundwasserbeobachtungen 6 bis 8 Stunden lang unterbrochen waren.

Nachdem seitens der Seewarte das Aneroid Hechelmann 40 658 zur Verfügung gestellt worden war, wurden gleichzeitig mit den Brunnenstandsbeobachtungen solche des Luftdrucks vorgenommen. Sie ergaben eine fast vollständige Uebereinstimmung der kleinen Schwankungen des ersteren mit denjenigen des letzteren. Dieselbe Uebereinstimmung bestand, wie sich bald ergab, mit den Schwankungen im Barogramm der 1800 m entfernten Seewarte (Abb. 1 bis 4).

Von anderen meteorologischen Einflüssen wurden Verdunstung, durch Psychrometer-Beobachtungen, in fast der ganzen Beobachtungszeit, und Niederschläge zweistündig mit den Grundwasser-Schwankungen verglichen, aufserdem Gewitter, Sturm, Windrichtung, Bewölkung, Nebel, Reif, Sonnen- und Mondschein aufgezeichnet. Das Eintreten der Niederschläge innerhalb der Beobachtungszeiten wurde von Anfang an vermerkt.

Die Niederschlagsmengen wurden bis zum 26. August 1890 nach den Wetterberichten der Deutschen Seewarte ergänzt, von diesem Tage an auf der Beobachtungsstelle selbst gemessen. Der Regenmesser, System der Deutschen Seewarte, wurde ungefähr 9 m über dem Boden im Dache des Hinterhauses Palmaille Nr. 5 befestigt. Unmittelbar im Osten vor dem Dachfirst angebracht, wurde er vor westlichen und südlichen Winden geschützt, ohne vom Regen verdeckt zu werden.

Diese Aufstellung, sowie die der übrigen Beobachtungs-Werkzeuge, ist des näheren aus dem Lageplan der Beobachtungsstelle (Abbildung 1 auf Seite 408) zu ersehen. Auf demselben bezeichnet a Brunnen und Katometer, b_1 die Stelle des gewöhnlich beobachteten Psychrometers, b_2, b_3, b_4 andere Psychrometerstellen, c die Stelle des Aneroidbarometers, etwa 7 m über der Erdoberfläche im Hinterhause Palmaille Nr. 5.

Zu welchen Ergebnissen in wissenschaftlicher und vor allem auch beobachtungstechnischer Hinsicht die Vergleiche führten, wird Gegenstand des zweiten Theiles dieser Arbeit sein.

Ueber Berechnung der Führungsgerüste von Gasbehältern.

Von Professor J. Melan in Brünn.

Ein Gasbehälter besteht aus zwei Hauptheilen: aus dem festen Behälter, welcher durch seine Wasserfüllung den Gasabschlufs nach unten bewerkstelligt, und aus der sich auf und nieder bewegenden Glocke, die je nach Mafs der Gasfüllung sich aus dem festen Behälter heraushebt. Die Glocke schwimmt nur so lange stabil, als ihr Schwerpunkt unter jenem des verdrängten Wassers liegt; bei höherem Stande ist sie in labiler Gleichgewichtslage und mufs daher durch seitliche Führungen gesichert werden. Diese sind bei ummauerten Gasbehältern durch die Umfassungswände gegeben; bei nicht ummauerten, offenen Behältern dient als Führung der Glocke eine Eisenconstruction, welche aus einzelnen, untereinander durch wagerechte Ringe und allenfalls noch durch Verstrebungen verbundenen Führungssäulen besteht. Diese Eisenconstruction, das Führungsgerüst, hat aber dann nicht nur das stabile Schwimmen der Glocke zu sichern, sondern auch alle wagerechten Kräfte aufzunehmen, welche durch Wind- und Schneedruck auf die Glocke übertragen werden.

Für die Berechnung und Querschnittsbemessung solcher Führungsgerüste hat man sich bisher zumeist mit Erfahrungsregeln oder mit einer mehr oder weniger schätzungsweisen Bestimmung beholfen. Dafs da aber nicht immer das Richtige getroffen wurde, zeigen manche entweder übermäfsig stark hergestellte Gasbehälterführungen oder zu schwach gebaute, die einem Zusammentreffen ungünstiger Umstände leicht zum Opfer fallen können und auch schon zum Opfer gefallen sind. Es soll daher im nachstehenden versucht werden, den Weg anzugeben, wie eine schärfere Berechnung dieser Bauwerke durchzuführen wäre.

Angreifende Kräfte.

Die auf einen Gasbehälter und das ihn stützende Führungsgerüst einwirkenden äufseren Kräfte sind:

1) der Winddruck auf die Glocke und auf das Gerüst. Bekanntlich kann der Winddruck örtlich bis auf 250 kg/qm und sogar darüber steigen; es ist jedoch durch Beobachtung festgestellt worden, dafs eine so hohe Windpressung selbst bei den stärksten Stürmen niemals in der ganzen Ausdehnung einer gröfseren Fläche gleichmäfsig auftritt, sondern dafs hier der gröfste mittlere Winddruck mit etwas kleinerer Ziffer angenommen werden kann. Auch ist zu berücksichtigen, dafs die Gasbehälter selten an ganz freien Oertlichkeiten errichtet werden. Es dürfte daher hinreichende Sicherheit bieten, wenn man den Winddruck mit $w = 150$ kg f. d. qm rechtwinklig gestellter Fläche in Rechnung bringt.

Damit ergiebt sich der Winddruck auf die Seitenwandung einer cylindrischen Gasglocke vom Durchmesser D und der Höhe h zu $W = 0{,}78\, w D h$,*) d. i. zu

(1) . . . . $W = 117\, D h$.

---

*) Schliefst die Richtung des Winddruckes mit der Senkrechten zu einer Fläche den Winkel ω (Abb. 1) ein, so wird bekanntlich der in der Windrichtung auf die Flächeneinheit geäufserte Druck

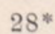
$w \cos^2 \omega$.

Der Gesamtdruck auf einen Kreiscylinder vom Durchmesser D und der Höhe h ist sonach:

$$W = w h \frac{D}{2} \int_0^{\pi} \cos^2 \omega \, d\omega = \frac{\pi}{4} w D h = 0{,}78\, w D h.$$

Abb. 1.

Ausreichende Versuche über den Winddruck auf gekrümmte Flächen fehlen. B. Baker nimmt für den Druck auf cylindrische Gasbehälter anstatt 78 v. H. nur 41 v. H., rechnet aber dabei mit einem Winddruck $w = 195$ kg/qm (40 ℔ engl. f. d. □').



In den nachstehenden Formeln sind die Mafse sämtlich auf Meter und Kilogramm bezogen.

Der Angriff dieses Winddruckes ist in der halben Glockenhöhe.

Bei gegen die Wagerechte einfallendem Winde erfährt auch die nach einer flachen Kugelhaube geformte Glockendecke einen schräg nach abwärts gerichteten Druck. Für eine ebene Decke und unter der üblichen Annahme, dafs die Windrichtung einen Winkel von 10^0 mit der Wagerechten bildet, berechnet sich dieser Druck zu $W_1 = w \frac{\pi}{4} D^2 \sin^2 10 = 0{,}024\, w D^2$, d. i.

$$(2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad W_1 = 3{,}6\, D^2.$$

Dieser Werth wird mit ziemlicher Annäherung auch für flache haubenförmige Decken gelten. Die Richtung des Gesamtdruckes kann dabei durch den Mittelpunkt der Grundfläche der Haube gelegt werden, eigentlich liegt sie etwas höher.

Der Winddruck auf das Führungsgerüst selbst kann gegenüber den auf die Glocke einwirkenden Windkräften vernachlässigt werden.

2) Der Schneedruck. Bei einer gleichmäfsigen Schneelage auf der Glockendecke wird kein Bestreben zum Umkippen der Glocke hervorgerufen, daher auch das Führungsgerüst durch keine wagerechten Kräfte beansprucht. Anders verhält es sich aber, wenn infolge von Schneewehen die Schneelage ungleich stark ist, oder wenn gar, wie dies thatsächlich vorgekommen ist, der Schnee infolge Sonnenbestrahlung auf einer Seite von der Glockendecke abrutscht. Im allgemeinen wird man ungünstig genug rechnen, wenn man eine nur über eine Glockenhälfte reichende Schneelage von 12 bis 15 cm Höhe annimmt. Es entspricht dies einem Drucke von rund 25 kg/qm und einer Gesamtschneelast von

$$(3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad S = 25 \frac{\pi D^2}{8} = 9{,}8\, D^2.$$

Diese Last wirkt im Schwerpunkt der belasteten Fläche, also im Abstande $c = \frac{2}{3\pi} D = 0{,}21\, D$ von der Glockenmitte. Das hierauf bezogene Drehmoment wird sonach

$$(4) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad Sc = 2{,}08\, D^3.$$

3) Das Eigengewicht der Glocke. Soweit dasselbe nicht etwa (bei kleineren Behältern) durch Gegengewichte ausgeglichen ist, welche ihren Zug auf die Führungssäulen übertragen, wird es, sowie wie alle übrigen senkrechten Kräfte von dem Gasdrucke aufgenommen.

4) Der Druck in den Führungen der Glocke. Die Führungsrollen, mit welchen der Gasbehälter an den Führungssäulen anliegt, sind entweder normal (radial) oder tangential gestellt. Bei grofsen Behältern sind in der Regel beide Arten von Führungen angewendet. Die Vertheilung des Druckes auf die einzelnen Führungsrollen wird dadurch allerdings sehr unbestimmt und in hohem Grade von der Aufstellung abhängig.

Diese sämtlichen äufseren Kräfte, nämlich die unter 1) 2) und 3) genannten Kräfte, der nach aufwärts wirkende Gasdruck und die Gegendrücke in den Führungsstellen sind im Gleichgewichte, und es lassen sich hiernach diese letzteren oder deren Mittelkraft bestimmen.

A. Einfacher Behälter. Die eintheilige Glocke erhält in der Regel nur einen doppelten Kranz von Führungsrollen, nämlich einen an ihrem unteren Saume und einen an dem die Decke tragenden Eckringe. Die Mittelkräfte sämtlicher Rollendrücke liegen mit den übrigen angreifenden Kräften in einer durch die Achse des Behälters gehenden Ebene und lassen sich aus den für ein ebenes Kraftsystem geltenden Gleichgewichtsbedingungen leicht ermitteln.

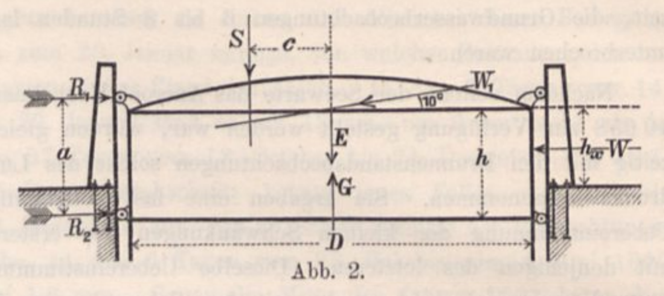


Abb. 2.

Mit den durch die vorstehende Abb. 2 erklärten Bezeichnungen giebt das Gleichgewicht gegen Drehung

$$W\left(h - \frac{h_x}{2}\right) + W_1 \cos 10^0 \cdot h + S \cdot c - R_1\, a = 0$$

und mit Einsetzung der oben berechneten Werthe für den Wind- und Schneedruck

$$(5) \quad R_1 = \frac{D}{a}\left[117\, h_x\, (h - {}^1/_2 h_x) + 3{,}5\, Dh + 2{,}08\, D^2\right].$$

Hiermit folgt auch $R_2 = D\,(117\, h_x + 3{,}5\, D) - R_1$.

Der Druck auf den oberen Rollenkranz wird für den höchsten Stand der Glocke, d. i. für $h_x = h$, am gröfsten, nämlich

$$(5a) \quad . \quad \max R_1 = \frac{D}{a}\left[58{,}5\, h^2 + 3{,}5\, Dh + 2{,}08\, D^2\right].$$

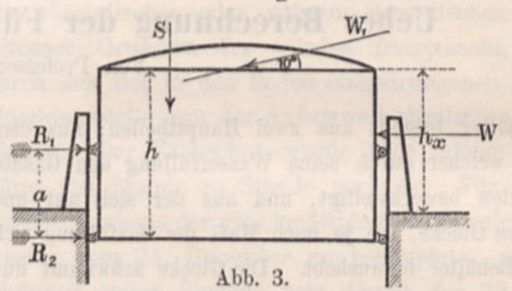


Abb. 3.

Die entwickelten Ausdrücke gelten natürlich auch für die in Abbildung 3 dargestellte, (bei einfachen Behältern übrigens nicht gebräuchliche) Anordnung, bei welcher das Führungsgerüst niedriger gehalten ist als der Behälter, der obere Rollenkranz also an der entsprechend abzusteifenden Seitenwand der Glocke angebracht ist. Im allgemeinen hat man aber zu berücksichtigen, dafs die Höhe des Führungsgerüstes, oder der Abstand a der Rollenkränze, nicht unter einer gewissen Grenze bleiben darf und zwar deshalb nicht, weil erstens mit der Verringerung von a die Kraft R_1 bedeutend zunimmt und dann zur inneren Absteifung der Glocke mehr Stoff aufgewendet werden müfste, als an den Führungen erspart wird, und weil zweitens bei dem unbedingt vorhandenen Spielraum zwischen Behälter und Führung bedenkliche Schiefstellungen der Glocke eintreten könnten. Insbesondere aus der letzteren Bedingung läfst sich folgern, dafs die Höhe a der Führung, also auch die Höhe des Behälters mindestens $^1/_5$ bis $^1/_7$ des Durchmessers D betragen soll.*)

*) Ist nämlich δ der Spielraum (Abb. 4), so wird die äufserste mögliche Schiefstellung der Glocke $tg\,\nu = \frac{u}{D} = \frac{2\delta}{a}$. Der infolge Unvollkommenheiten der Aufstellung, Wärmewirkung und Rollenabnutzung vorhandene Spielraum δ wird mit 3 bis 5 mm anzunehmen sein; bei mangelhafter Arbeit kann er auch darüber betragen. Die Schiefstellung u der Glocke darf, um nicht Festklemmungen und andere Unfälle befürchten zu lassen, das Mafs von 3 bis 5 cm jedenfalls nicht überschreiten. Dies bedingt aber, dafs $a >$ als $^1/_5$ bis $^1/_7\, D$ gemacht wird.

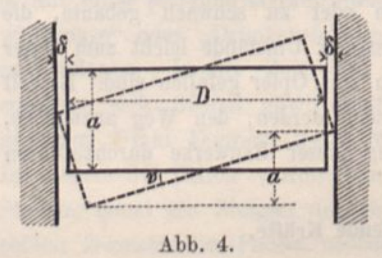


Abb. 4.

B. Zusammengesetzte (teleskopirte) Behälter. Bei diesen ist die Berechnung der auf die Rollenkränze entfallenden Drucke schon viel unsicherer, weil hier mehr als zwei Rollenkränze angeordnet sind. Es sind solche Behälter mit einem und mit zwei Teleskopringen (sogenannte zweifache und dreifache Behälter) in Anwendung.

a) Zweifacher Behälter. Auf die Glocke mit der Höhe h und dem Durchmesser D wirken die Kräfte

$$W = 117\,Dh$$
$$W_1 = 3{,}6\,D^2$$
$$S_1 = 9{,}8\,D^2,$$

aufsderdem der Gasdruck G und das Eigengewicht sowohl der Glocke als des daran hängenden Auszugsringes. Wir setzen genaue Aufstellung voraus, nehmen also an, dafs die Stützung des Auszuges gleichmäfsig längs des Tassenringes erfolgt, während gleichzeitig die Rollen an den Führungen überall dicht anliegen.

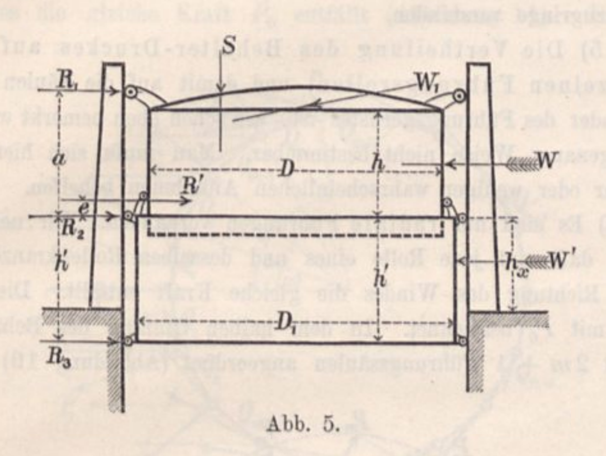


Abb. 5.

Mit den in der Abbildung 5 angegebenen Bezeichnungen werden die Rollendrücke

$$R_1 = \frac{D}{a-e}\left[117\,h\,(1/_2\,h-e) + 3{,}5\,D\,(h-e) + 2{,}08\,D^2\right]$$

oder da e gegen a und h in der Regel zu vernachlässigen ist,

$$(6)\quad R_1 = \frac{D}{a}\left[58{,}5\,h^2 + 3{,}5\,Dh + 2{,}08\,D^2\right]$$

$$R' = 117\,Dh\left(1-\frac{h}{2a}\right) + 3{,}5\,D^2\left(1-\frac{h}{a}\right) - 2{,}08\frac{D^3}{a}.$$

Die an dem Auszugring, dessen Durchmesser D_1 ist, angreifenden Kräfte sind nebst R'

$$W' = 117\,D_1\,h_x$$

und es berechnet sich R_2 aus

$$R_2\,h' = R'\,(h'+e) + W'\,(h' - 1/_2\,h_x)$$

d. i. mit Vernachlässigung von e

$$(7)\quad R_2 = 117\,Dh\left(1-\frac{h}{2\,a}\right) + 3{,}5\,D^2\left(1-\frac{h}{a}\right) - 2{,}08\frac{D^3}{a} + 117\,D_1\,h_x\left(1-\frac{h_x}{2\,h'}\right).$$

Den gröfsten Werth erhält R_2 beim höchsten Stande des Behälters, nämlich

$$(7\text{a})\quad \max.\ R_2 = 117\,Dh\left(1-\frac{h}{2\,a}\right) + 3{,}5\,D^2\left(1-\frac{h}{a}\right) - 2{,}08\frac{D^3}{a} + 58{,}5\,D_1\,h'.$$

Die obige Voraussetzung hinsichtlich der Vollkommenheit der Aufstellung wird aber auch bei der sorgfältigsten Ausführung kaum als erfüllt angenommen werden können. Infolge eines ungleichen Spielraumes der Rollen und der elastischen Nachgiebigkeit des Führungsgerüstes wird vielmehr die innere

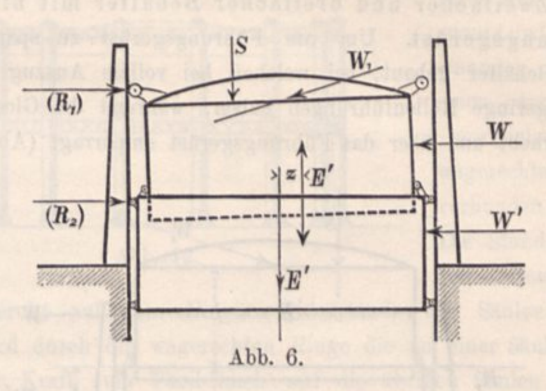


Abb. 6.

Glocke sich unter dem Winde, wenn auch vielleicht nur unmerklich, mehr neigen als der äufsere Auszugring. Hierdurch wird das an der Tasse hängende Gewicht des letzteren mehr gegen die Windseite geworfen und der Rollendruck R_1 etwas vermindert, der Druck R_2 vergröfsert werden. Ist E' das Gewicht des Auszugsringes und weicht dessen Angriffslinie von der Achse des Behälters um z ab (Abb. 6), so werden nun die Drücke in den Rollenkränzen

$$(R_1) = R_1 - E'\frac{z}{a}$$

$$(R_2) = R_2 + E'\left(\frac{z}{a} + \frac{z}{h'}\right).$$

Die Gröfse z entzieht sich einer Berechnung; man kann nur schätzungsweise die Verminderung oder Vermehrung von R_1 und R_2 mit etwa 20 bis 30 v. H. der nach (7) und (7a) berechneten Werthe annehmen.

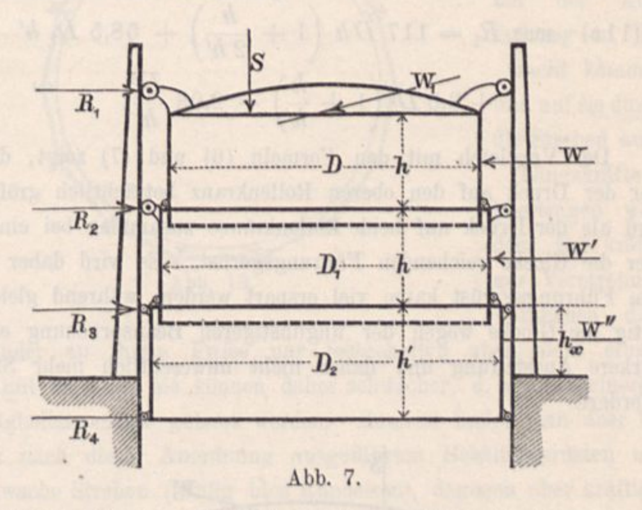


Abb. 7.

b) Dreifacher Behälter. Man erhält mit den aus der Abbildung 7 ersichtlichen Bezeichnungen wieder die näherungsweise geltenden Ausdrücke für die Drücke in den Rollenkränzen:

$$(8)\quad .\quad R_1 = \frac{D}{a}\left[58{,}5\,h^2 + 3{,}5\,Dh + 2{,}08\,D^2\right].$$

$$(9)\quad .\quad R_2 = 117\,Dh\left(1-\frac{h}{2a}\right) + 3{,}5\,D^2\left(1-\frac{h}{a}\right) - 2{,}08\frac{D^3}{a} + 58{,}5\,D_1\,h.$$

$$(10)\quad .\quad R_3 = 58{,}5\,D_1 h + 117\,D_2\,h_x\left(1-\frac{h_x}{2h'}\right)$$

für den höchsten Stand des Behälters ist

$$10\text{a})\quad .\quad .\quad \max\ R_3 = 58{,}5\,(D_1 h + D_2 h').$$

Auch hier wird man darauf Rücksicht nehmen müssen, dafs in Wirklichkeit R_1 um 20 bis 30 v. H. geringer, R_2

oder R_3 oder R_2 und R_3 um ebensoviel gröfser werden können als nach den oben berechneten Ausdrücken.

c) Zweifacher und dreifacher Behälter mit niederem Führungsgerüst. Um am Führungsgerüst zu sparen, hat man Behälter gebaut, bei welchen bei vollem Auszug nur die Auszugsringe Rollenführungen haben, während die Glocke sich frei erhebt und über das Führungsgerüst emporragt (Abb. 8).

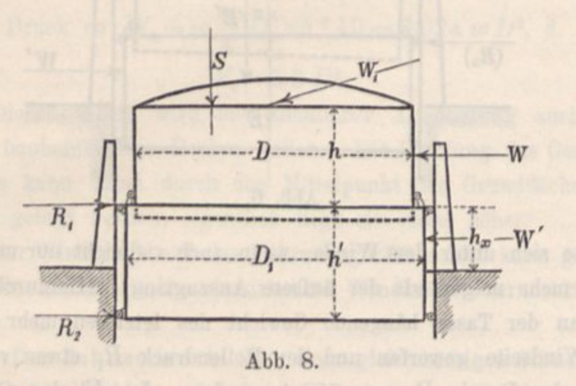


Abb. 8.

Der Rollendruck R_1 berechnet sich bei dieser Anordnung aus

$$R_1 h' = W\left(\frac{h}{2} + h'\right) + W'\left(h' - \frac{h_x}{2}\right) + W_1 \cos 10^0 (h + h') + S \cdot c;$$

mit Einsetzung der angegebenen Werthe für den Wind- und Schneedruck folgt

$$(11) \quad R_1 = 117\, Dh\left(1 + \frac{h}{2h'}\right) + 117\, D_1 h_x\left(1 - \frac{h_x}{2h'}\right) + 3{,}5\, D^2\left(1 + \frac{h}{h'}\right) + 2{,}08\, \frac{D^3}{h'}.$$

Der Gröfstwerth von R_1 bei $h_x = h'$ wird

$$(11\text{a}) \quad \max R_1 = 117\, Dh\left(1 + \frac{h}{2h'}\right) + 58{,}5\, D_1 h' + 3{,}5\, D^2\left(1 + \frac{h}{h'}\right) + 2{,}08\, \frac{D^3}{h'}.$$

Der Vergleich mit den Formeln (6) und (7) zeigt, dafs hier der Druck auf den oberen Rollenkranz beträchtlich gröfser wird als der Druck auf beide Rollenkränze zusammen bei einem über die Glocke reichenden Führungsgerüst. Es wird daher an dem Führungsgerüst kaum viel erspart werden, während gleichzeitig die Glocke wegen der ungünstigeren Beanspruchung eine stärkere Aussteifung und daher nicht unwesentlich mehr Stoff erfordert.

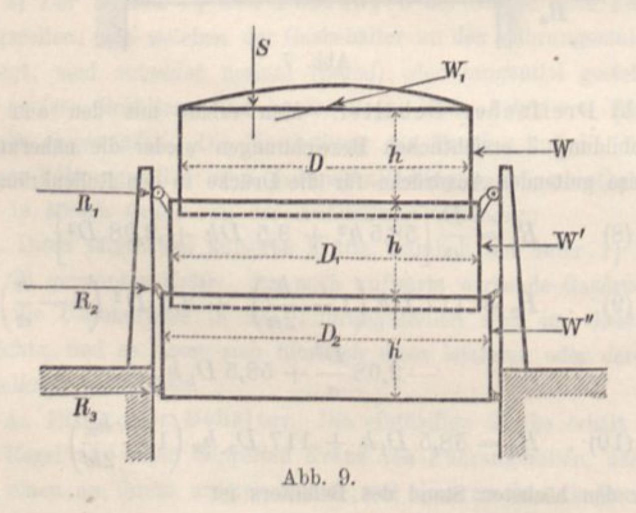


Abb. 9.

Etwas günstiger hinsichtlich Stoffersparnifs gestaltet sich diese Anordnung bei dem dreifachen Behälter (Abbildung 9). Es werden hier die Rollendrücke:

$$(12) \quad R_1 = (175{,}5\, D + 58{,}5\, D_1)\, h + 7{,}0\, D^2 + 2{,}08\, \frac{D^3}{h}$$

$$(13) \quad R_2 = 58{,}5\,(D_1 - D)\, h + 117\, D_2 h_x\left(1 - \frac{h_x}{2h'}\right)$$

und für den höchsten Stand des Behälters

$$(13\text{a}) \quad . \ . \quad \max R_2 = 58{,}5\,(D_1 + D_2 - D)\, h.$$

Zu bemerken ist, dafs die Anordnung solcher freier, von aufsen nicht geführten Glocken nur möglich ist bei genügend grofsem Gewichte der an der Glocke hängenden Auszugringe. Durch den Winddruck und den einseitigen Schneedruck wird nämlich der Tasseneingriff windabseits entlastet. Die zulässige Grenze dieser Entlastung ist dann erreicht, wenn in dem der Windseite gerade gegenüberliegenden Punkte des Tassenringes der Druck gleich Null wird. Damit dieser Grenzfall unter der angenommenen Wind- und Schneelast nicht eintritt, mufs

$$(14) \quad . \ . \quad G > 234\, h^2 + 14\, Dh + 8{,}32\, D^2$$

sein, unter G das Gesamtgewicht der an der Glocke hängenden Auszugringe verstanden.

5) Die Vertheilung des Behälter-Druckes auf die einzelnen Führungsrollen, und damit auf die Säulen oder Ständer des Führungsgerüstes ist, wie schon oben bemerkt wurde, in genauer Weise nicht bestimmbar. Man mufs sich hier mit mehr oder weniger wahrscheinlichen Annahmen behelfen.

a) Es sind nur radiale Führungen vorhanden. Wir nehmen an, dafs auf jede Rolle eines und desselben Rollenkranzes in der Richtung des Windes die gleiche Kraft entfällt. Dieselbe sei mit P_0 bezeichnet. In dem halben Umfang des Behälters sind $2m + 1$ Führungssäulen angeordnet (Abbildung 10) und

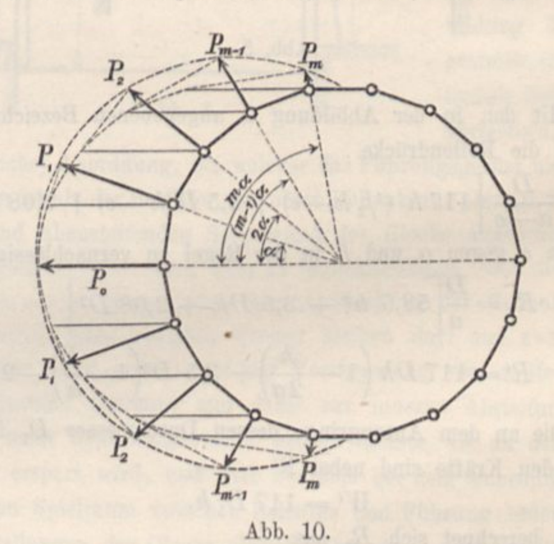


Abb. 10.

die Winkel der radialen Führungen mit der Windrichtung sind α, 2α, $3\alpha \cdots m\alpha$. Es werden daher die von den Rollen auf ihre Führungen übertragenen Drücke:

$$P_0, \quad P_0 \cos\alpha \quad P_0 \cos 2\alpha \quad P_0 \cos 3\alpha \cdots\cdots P_0 \cos m\alpha.$$

Ist ferner R die nach dem früheren (Punkt 4) berechnete Mittelkraft der Führungsdrücke in dem betrachteten Rollenkranze, so mufs

$$R = P_0 + 2\,(P_0 \cos^2\alpha + P_0 \cos^2 2\alpha + P_0 \cos^2 3\alpha + \cdots\cdots P_0 \cos^2 m\alpha)$$

sein, woraus, wenn z die Gesamtzahl der Führungsständer ist, bei gerader Ständerzahl genau, sonst um so angenäherter je gröfser z,

$$(15) \quad . \ . \ . \ . \ . \quad P_0 = \frac{4R}{z}$$

folgt. Damit wären auch die Drücke auf die einzelnen Rollen bestimmt.

Dieses angenommene Vertheilungsgesetz wird durch zwei Umstände beeinträchtigt. Erstens durch das Vorhandensein eines wenn auch kleinen Spielraumes zwischen Behälter und Führung. Ist dieser Spielraum bei sämtlichen Rollen annähernd gleich grofs, so werden auf die seitlich der Windrichtung stehenden Säulen geringere Drücke als nach obiger Berechnung entfallen. Anderseits wird aber durch die elastische Formänderung des cylindrischen Behälters, welcher sich unter dem Winde etwas abzuflachen sucht, wieder eine mehr gleichmäfsige Vertheilung des Druckes in radialer Richtung herbeigeführt, sodafs beide Umstände sich in ihren Wirkungen bis zu einem gewissen Grade aufheben. Man wird daher das obige Vertheilungsgesetz innerhalb der hier überhaupt erreichbaren Wahrscheinlichkeitsgrenze gelten lassen können.

b) Es sind radiale und tangentiale Führungen vorhanden. Wir machen auch hier die Annahme, dafs auf jeden Führungsständer in dem betrachteten Rollenkranze nach der Richtung des Windes die gleiche Kraft P_0 entfällt (Abbildung 11). Diese

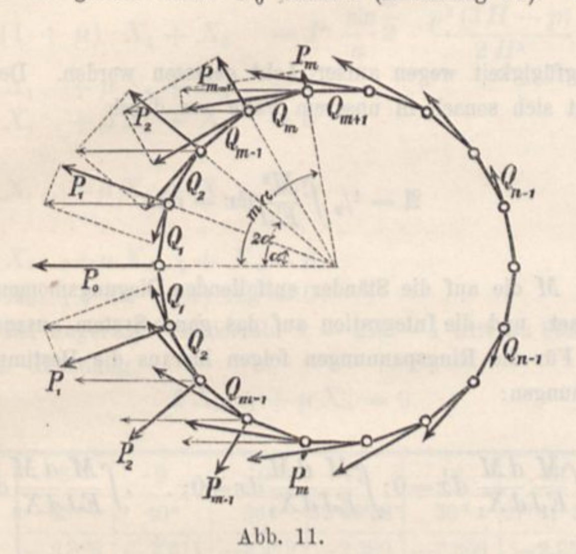


Abb. 11.

zerlegt sich in einen radialen und tangentialen Druck und zwar ist bei gerader Ständerzahl $z = 2n$

für d. Säule	0	I	II ⋯	m	$m+1$ ⋯	$n-2$	$n-1$	n
der Radialdruck .	1,	$\cos\alpha$,	$\cos 2\alpha \cdots$	$\cos m\alpha$,	$0 \cdots$	0	, 0	, $0 P_0$
der Tangentialdruck	0,	$\sin\alpha$,	$\sin 2\alpha \cdots$	$\sin m\alpha$,	$\sin m\alpha \cdots$	$\sin 2\alpha$,	$\sin\alpha$,	$0. P_0$.

Berücksichtigt man, dafs die Mittelkraft aus allen diesen Drücken wieder gleich R, also

$$R = P_0\,[1 + 2\,(\cos^2\alpha + \cos^2 2\alpha + \cdots \cos^2 m\alpha]$$
$$+ 4P_0\,[\sin^2\alpha + \sin^2 2\alpha + \cdots \sin^2 m\alpha]$$

sein mufs, so folgt wieder bei der Ständerzahl z und mit derselben einschränkenden Bemerkung wie oben

$$(16) \quad \ldots\ldots \quad P_0 = \frac{4R}{3z}.$$

Hiermit sind auch die sämtlichen Führungsdrücke in radialer und in tangentialer Richtung gegeben.

Hinsichtlich der Uebereinstimmung zwischen den wirklichen und den nach obigen Annahmen berechneten Werthen der Führungsdrücke müssen wir natürlich denselben Vorbehalt machen wie oben. Bei genauer Aufstellung dürfte aber die Abweichung keine allzugrofse sein.

Spannungen im Führungsgerüst.

Die Führungsgerüste der Gasbehälter werden nach zwei Hauptformen gebaut. Nach der ersten Anordnung (Säulenform), Abbildung 12, besteht das Gerüst aus einer Anzahl den Behälter umgebenden Säulen oder Ständern, welche mit ihrem unteren Ende fest eingespannt und untereinander durch einen oder mehrere vieleckige, wagerechte Ringe verbunden sind. Die Standfestigkeit dieser Gerüste beruht auf dem Biegungswiderstande der Säulen, und zwar wird durch die wagerechten Ringe die an einer Säule angreifende Kraft zum Theil auch auf die übrigen Säulen übertragen.

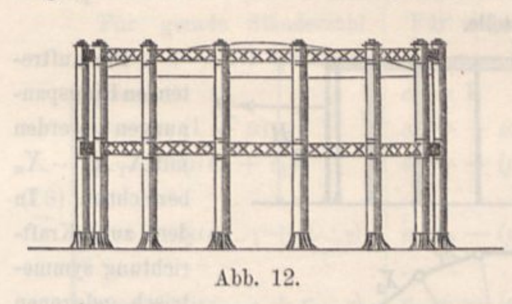


Abb. 12.

Nach der zweiten Anordnung (Fachwerksform), Abbild. 13, ist das Führungsgerüst als ein cylindrisches Fachwerk aufzufassen, welches aus lothrechten Ständern, wagerechten Gurtungen und schrägen Verstrebungen besteht. Bei dieser Anordnung ist die Biegungsbeanspruchung der Ständer verringert, da hierfür nur ihre freie Länge zwischen den Knotenpunkten der Ausfachung in Betracht kommt und auf sie durch die Streben auch Längskräfte übertragen werden. Bei kräftiger Verstrebung brauchen die Ständer an ihrem Fufse nur festgehalten aber nicht eingespannt zu sein; sie können daher schwächer, d. h. mit kleinerem Trägheitsmomente gebaut werden. Zumeist findet man aber bei den nach dieser Anordnung ausgeführten Behältergerüsten nur schwache Streben (häufig blos Rundeisen), dagegen aber kräftige, der ganzen Höhe nach durchgehende Ständer angewendet, wodurch dann eine Anordnung zum Vorschein kommt, die sich eigentlich als ein Mittelding zwischen den beiden oben beschriebenen darstellt.

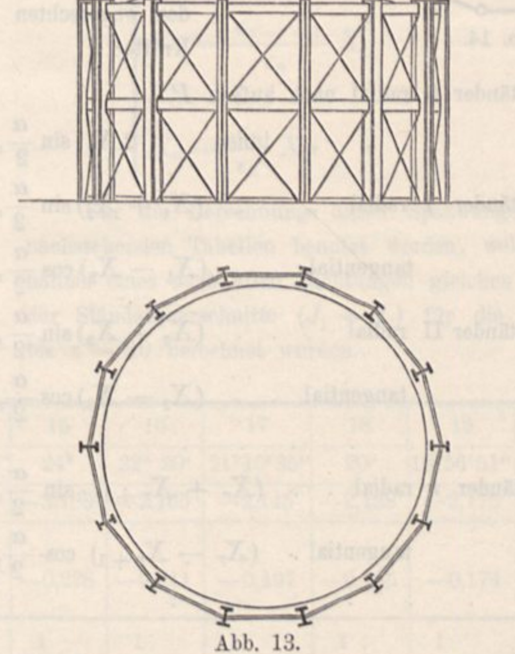


Abb. 13.

A. Führungsgerüst ohne Verstrebung.

a) Gerüste mit nur einem wagerechten Ring.

Die Anzahl der Ständer sei $z = 2n$ oder $z = 2n - 1$. Dieselben sind mit einer Hauptachse ihres Querschnittes in die radiale Richtung gestellt, und es seien die Trägheitsmomente des Ständerquerschnittes

für radiale Kraftrichtung $= J_1$,

für tangentiale „ $= J_2$,

Höhe der Ständer von ihrer unteren Einspannung bis zum wagerechten Ringe $= H$.

1) **Es wirkt nur eine äufsere Kraft P in radialer Richtung auf einen Ständer und zwar in der Höhe p über der Einspannungsstelle.**

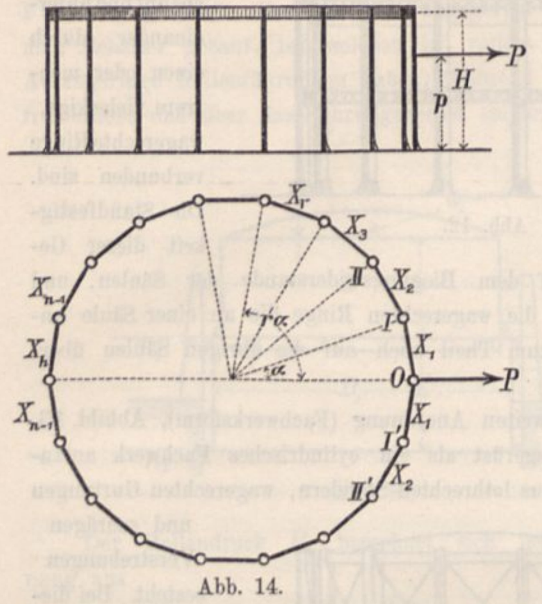


Abb. 14.

Die auftretenden Ringspannungen werden mit $X_1 X_2 \cdots X_n$ bezeichnet. In den zur Kraftrichtung symmetrisch gelegenen Ringstücken herrscht natürlich die gleiche Spannung. Auf die einzelnen Ständer des Gerüstes wirken nur die folgenden wagerechten Kräfte:

Ständer 0 radial nach aufsen P,

„ „ innen $2 X_1 \sin\frac{\alpha}{2}$,

Ständer I radial „ „ $(X_1 + X_2)\sin\frac{\alpha}{2}$,

tangential . . $(X_1 - X_2)\cos\frac{\alpha}{2}$,

Ständer II radial . . . $(X_2 + X_3)\sin\frac{\alpha}{2}$,

tangential . . $(X_2 - X_3)\cos\frac{\alpha}{2}$,

. . . .

Ständer r radial . . $(X_r + X_{r+1}) \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$,

tangential . $(X_r - X_{r+1})\cos\frac{\alpha}{2}$,

. . . .

Abb. 15.

Ständer n radial . $2 X_n \sin\frac{\alpha}{2}$, für gerade Ständerzahl $z = 2n$.

Zur Berechnung der Ringspannungen kann der Satz von der kleinsten Formänderungsarbeit angewendet werden. Es genügt dabei, nur die Formänderungsarbeit der Säulen zu berücksichtigen. Die Längendehnungen der Ringstücke können ihrer

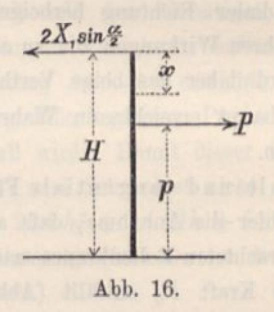


Abb. 16.

Geringfügigkeit wegen aufser Acht gelassen werden. Der Satz drückt sich sonach in unserem Falle aus durch

$$\mathfrak{A} = {}^1/_2 \int \frac{M^2}{EJ} dx = \min.$$

worin M die auf die Ständer entfallenden Biegungsmomente bezeichnet, und die Integration auf das ganze System auszudehnen ist. Für die Ringspannungen folgen hieraus die Bestimmungsgleichungen:

$$(a) \quad \int \frac{M}{EJ}\frac{dM}{dX_1} dx = 0; \int \frac{M}{EJ}\frac{dM}{dX_2} dx = 0; \ldots \int \frac{M}{EJ}\frac{dM}{dX_n} dx = 0.$$

Für die Biegungsmomente M lassen sich unter Rücksichtnahme auf Abbildung 16 unschwer die nachstehenden Ausdrücke aufstellen:

(17)

Säule 0:

radiales Moment $M = 2 X_{1x} \sin\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=0}^{x=H-p}$

$M = 2 X_{1x} \sin\frac{\alpha}{2} - P(x + p - H)\Big]_{x=H-p}^{x=H}$ . . . $\frac{dM}{dX_1} = 2x \sin\frac{\alpha}{2}$

Säule I:

radiales Moment $M = (X_1 + X_2)\, x \sin\frac{\alpha}{2}$ . . . $\frac{dM}{dX_1} = x \sin\frac{\alpha}{2}$, $\frac{dM}{dX_2} = x \sin\frac{\alpha}{2}$

tangent. Moment $M = (X_1 - X_2)\, x \cos\frac{\alpha}{2}$ . . . $\frac{dM}{dX_1} = x \cos\frac{\alpha}{2}$, $\frac{dM}{dX_2} = -x \cos\frac{\alpha}{2}$

Säule II:

radiales Moment $M = (X_2 + X_3)\, x \sin\frac{\alpha}{2}$ . . . $\frac{dM}{dX_2} = x \sin\frac{\alpha}{2}$, $\frac{dM}{dX_3} = x \sin\frac{\alpha}{2}$

tangent. Moment $M = (X_2 - X_3)\, x \cos\frac{\alpha}{2}$ . . . $\frac{dM}{dX_2} = x \cos\frac{\alpha}{2}$, $\frac{dM}{dX_3} = -x \cos\frac{\alpha}{2}$

. . . .

Säule r:

radiales Moment $M = (X_r + X_{r+1})\, x \sin\frac{\alpha}{2}$ . . . $\frac{dM}{dX_r} = x \sin\frac{\alpha}{2}$, $\frac{dM}{dM_{r+1}} = x \sin\frac{\alpha}{2}$

tangent. Moment $M = (X_r - X_{r+1})\, x \cos\frac{\alpha}{2}$ . . . $\frac{dM}{dX_r} = x \cos\frac{\alpha}{2}$, $\frac{dM}{dX_{r+1}} = -x \cos\frac{\alpha}{2}$

. . . .

Säule n radiales Moment $M = 2 X_n\, x \sin\frac{\alpha}{2}$ . . $(z = 2n)$ . . $\frac{dM}{dX_n} = 2x \sin\frac{\alpha}{2}$

Wir setzen nunmehr diese Ausdrücke in das Gleichungssystem (a) und führen die Integrationen durch, wobei wir uns die Annahme erlauben können, dafs die Trägheitsmomente J_1 und J_2 der Ständerquerschnitte in der ganzen Höhe gleich sind. Es würde übrigens keine besonderen Schwierigkeiten machen, auch eine gewisse Veränderlichkeit der Trägheitsmomente mit der Höhe anzunehmen und in der Rechnung zu berücksichtigen.

Mit Einführung der Gröfsen

$$(18)\quad \begin{cases} a = \sin^2\frac{\alpha}{2} - \frac{J_1}{J_2}\cos^2\frac{\alpha}{2} \\ b = \sin^2\frac{\alpha}{2} + \frac{J_1}{J_2}\cos^2\frac{\alpha}{2} \\ \mu = \frac{2b}{a} = 2\frac{J_2\sin^2\frac{\alpha}{2} + J_1\cos^2\frac{\alpha}{2}}{J_2\sin^2\frac{\alpha}{2} - J_1\cos^2\frac{\alpha}{2}} \end{cases}$$

lauten die erhaltenen Gleichungen bei gerader Ständerzahl $\mathfrak{z} = 2n$:

$$\begin{aligned} (1+\mu)\,X_1 + X_2 &= P\cdot\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}\cdot\frac{p^2(3H-p)}{2H^3} \\ X_1 + \mu X_2 + X_3 &= 0 \\ X_2 + \mu X_3 + X_4 &= 0 \\ \cdots\cdots & \\ X_{r-1} + \mu X_r + X_{r+1} &= 0 \\ \cdots\cdots & \\ X_{n-2} + \mu X_{n-1} + X_n &= 0 \\ X_{n-1} + (1+\mu)\,X_n &= 0\,. \end{aligned}$$

Bei ungerader Ständerzahl $\mathfrak{z} = 2n - 1$ tritt an Stelle der letzten Gleichung

$$2X_{n-1} + \mu X_n = 0.$$

Zur Auflösung dieser Gleichungen berechne man sich die Hülfsgröfsen e in folgender Weise.

Für gerade Ständerzahl $\mathfrak{z} = 2n$ ist:	Für ungerade Ständerzahl $\mathfrak{z} = 2n - 1$ ist:
$e_1 = 1$	$e_1 = 1$
$e_2 = -(1+\mu)\,e_1$	$e_2 = -\mu e_1$
$e_3 = -(\mu e_2 + e_1)$	$e_3 = -(\mu e_2 + 2e_1)$
$\cdots\cdots$	$\cdots\cdots$
$e_r = -(\mu e_{r-1} + e_{r-2})$	$e_r = -(\mu e_{r-1} + e_{r-2})$
$\cdots\cdots$	$\cdots\cdots$
$e_n = -(\mu e_{n-1} + e_{n-2})$	$e_n = -(\mu e_{n-1} + e_{n-2})$

(19)

Damit folgen die Spannungen der Ringstücke aus:

$$(20)\quad \begin{cases} X_1 = \frac{e_n}{(1+\mu)\,e_n + e_{n-1}}\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\frac{p^2(3H-p)}{2H^3}\,P \\ X_2 = \frac{e_{n-1}}{e_n}\,X_1 \\ X_3 = \frac{e_{n-2}}{e_n}\,X_1 \\ \cdots\cdots \\ X_r = \frac{e_{n-r+1}}{e_n}\,X_1 \\ \cdots\cdots \\ X_n = \frac{e_1}{e_n}\,X_1 \end{cases}$$

Für die Berechnung dieser Spannungswerthe können die nachstehenden Tabellen benutzt werden, welche unter der Annahme eines nach allen Richtungen gleichen Trägheitsmomentes der Ständerquerschnitte ($J_1 = J_2$) für die Ständerzahl $\mathfrak{z} = 8$ bis $\mathfrak{z} = 20$ berechnet wurden.

$\mathfrak{z} =$	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
$\alpha =$	45°	40°	36°	32°43'38"	30°	27°41'31"	25°42'52"	24°	22° 30'	21°10'35"	20°	18°56'51"	18°	
$\mu =$	−2,828	−2,611	−2,472	−2,389	−2,309	−2,259	−2,220	−2,189	−2,165	−2,145	−2,128	−2,115	−2,103	
$\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a} =$	−0,541	−0,446	−0,382	−0,335	−0,299	−0,270	−0,247	−0,228	−0,211	−0,197	−0,185	−0,174	−0,164	
e_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
e_2	1,828	2,611	1,472	2,389	1,309	2,259	1,220	2,189	1,165	2,145	1,128	2,115	1,103	
e_3	4,170	4,817	2,639	3,709	2,023	3,102	1,708	2,793	1,522	2,601	1,401	2,472	1,319	
e_4	7,622	9,966	5,052	6,472	3,363	4,747	2,571	3,925	2,129	3,433	1,854	3,111	1,671	
e_5		21,204	9,850	11,751	5,743	7,620	4,000	5,800	3,088	4,763	2,544	4,108	2,195	
e_6				21,605	9,900	12,465	6,309	8,773	4,555	6,783	3,562	5,575	2,944	
e_7						20,535	10,006	13,407	6,773	9,786	5,035	7,682	3,997	
e_8								20,578	10,107	14,206	7,155	10,668	5,462	
e_9										20,686	10,193	14,877	7,489	
e_{10}												20,790	10,287	
X_1	0,422	0,391	0,398	0,396	0,410	0,415	0,419	0,422	0,426	0,430	0,433	0,436	0,437	$\cdot P\cdot\frac{p^2(3H-p)}{2H^3}$
X_2	0,540	0,470	0,512	0,544	0,580	0,607	0,631	0,651	0,670	0,687	0,702	0,716	0,728	$\cdot X_1$
X_3	0,239	0,227	0,268	0,300	0,340	0,371	0,400	0,426	0,451	0,473	0,494	0,513	0,531	$\cdot X_1$
X_4	0,131	0,123	0,149	0,171	0,204	0,231	0,257	0,282	0,305	0,328	0,349	0,369	0,388	$\cdot X_1$
X_5		0,047	0,112	0,110	0,132	0,151	0,171	0,191	0,211	0,230	0,249	0,268	0,286	$\cdot X_1$
X_6				0,046	0,101	0,110	0,122	0,136	0,150	0,164	0,182	0,198	0,213	$\cdot X_1$
X_7						0,048	0,100	0,106	0,115	0,126	0,137	0,150	0,162	$\cdot X_1$
X_8								0,049	0,099	0,104	0,111	0,119	0,128	$\cdot X_1$
X_9										0,048	0,098	0,102	0,107	$\cdot X_1$
X_{10}												0,048	0,097	$\cdot X_1$

Mit den Ringspannungen X folgen die die Säulen beanspruchenden Biegungsmomente aus den Gleichungen (17).

2) Es wirkt nur eine äufsere Kraft Q in tangentialer Richtung auf einen Ständer und zwar in der Höhe p über der Einspannungsstelle.

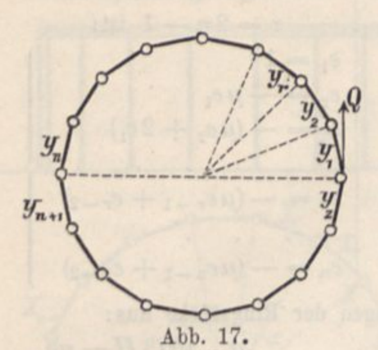


Abb. 17.

Die auftretenden Ringspannungen werden mit Y_1 $Y_2 \ldots Y_n \ldots\ldots Y_z$ bezeichnet. Die symmetrisch zur Säule 0, an der die Kraft Q angreift, gelegenen Ringstücke erhalten die gleiche, nur im Vorzeichen verschiedene Spannung; es ist also

bei $z = 2n$ $\quad Y_{n+1} = -Y_n \quad Y_z = -Y_1$

„ $z = 2n-1$ $\quad Y_n = 0 \quad Y_z = -Y_1$.

Auf die einzelnen Ständer wirken alsdann die folgenden wagerechten Kräfte:

Ständer 0 tangential $2\,Y_1 \cos\frac{\alpha}{2}$, aufserdem Q

„ I tangential $(Y_2 - Y_1)\cos\frac{\alpha}{2}$

radial $(Y_2 + Y_1)\sin\frac{\alpha}{2}$

. . . .

„ ν tangential $(Y_{r+1} - Y_r)\cos\frac{\alpha}{2}$

radial $(Y_{r+1} + Y_r)\sin\frac{\alpha}{2}$

. . . .

„ n tangential $-2\,Y_n\cos\frac{\alpha}{2}$ bei $z = 2n$.

Die hierdurch hervorgerufenen Biegungsmomente werden:

$$(21)\quad \begin{cases}
\text{Säule 0 tangentiales Moment } M = 2\,Y_1\,x\cos\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=0}^{x=H-p} & \\
\qquad M = 2\,Y_1\,x\cos\frac{\alpha}{2} + Q(x+p-H)\Big]_{x=H-p}^{x=H} & \Bigg\}\ \frac{dM}{dY_1} = 2x\cos\frac{\alpha}{2} \\
\text{Säule I tangentiales Moment } M = (Y_2 - Y_1)\,x\cos\frac{\alpha}{2} & \frac{dM}{dY_1} = -x\cos\frac{\alpha}{2} \quad \frac{dM}{dY_2} = x\cos\frac{\alpha}{2} \\
\qquad \text{radiales Moment } M = (Y_2 + Y_1)\,x\sin\frac{\alpha}{2} & \frac{dM}{dY_1} = x\sin\frac{\alpha}{2} \quad \frac{dM}{dY_2} = x\sin\frac{\alpha}{2} \\
\ldots\ldots & \ldots\ldots \\
\text{Säule } r \text{ tangentiales Moment } M = (Y_{r+1} - Y_r)\,x\cos\frac{\alpha}{2} & \frac{dM}{dY_r} = -x\cos\frac{\alpha}{2} \quad \frac{dM}{dY_{r+1}} = x\cos\frac{\alpha}{2} \\
\qquad \text{radiales Moment } M = (Y_{r+1} + Y_r)\,x\sin\frac{\alpha}{2} & \frac{dM}{dY_r} = x\sin\frac{\alpha}{2} \quad \frac{dM}{dY_{r+1}} = x\sin\frac{\alpha}{2} \\
\ldots\ldots & \ldots\ldots \\
\text{Säule } n \text{ tangentiales Moment } M = -2\,Y_n\,x\cos\frac{\alpha}{2} & \frac{dM}{dY_n} = -2x\cos\frac{\alpha}{2}
\end{cases}$$

Durch denselben Rechnungsvorgang wie im Belastungsfalle (1) und unter Einführung der durch die Gleichungen (18) bestimmten Gröfsen a, b und μ gelangt man wieder zu den nachstehenden, für gerade Ständerzahl ($z = 2n$) geltenden Bestimmungsgleichungen für die Ringspannungen Y

$$\begin{cases}
(\mu - 1)\,Y_1 + Y_2 = Q \cdot \frac{J_1}{J_2}\,\frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{a} \cdot \frac{p^2(3H-p)}{2H^3} \\
Y_1 + \mu\,Y_2 + Y_3 = 0 \\
Y_2 + \mu\,Y_3 + Y_4 = 0 \\
\ldots\ldots \\
Y_{\nu-1} + \mu\,Y_r + Y_{r+1} = 0 \\
\ldots\ldots \\
Y_{n-2} + \mu\,Y_{n-1} + Y_n = 0 \\
Y_{n-1} + (\mu - 1)\,Y_n = 0.
\end{cases}$$

Bei ungerader Ständerzahl $z = 2n - 1$ ist $Y_n = 0$ und es tritt an Stelle der beiden letzten Gleichungen

$$Y_{n-2} + \mu\,Y_{n-1} = 0.$$

Zur Auflösung dieser Gleichungen berechne man sich die Hülfsgröfsen ε in folgender Weise:

Für gerade Ständerzahl $z = 2n$ ist:	Für ungerade Ständerzahl $z = 2n - 1$ ist:
$\varepsilon_1 = 1$	$\varepsilon_1 = 0$
$\varepsilon_2 = -(\mu - 1)\,\varepsilon_1$	$\varepsilon_2 = 1$
$\varepsilon_3 = -(\mu\,\varepsilon_2 + \varepsilon_1)$	$\varepsilon_3 = -\mu \cdot \varepsilon_2$
$\varepsilon_4 = -(\mu\,\varepsilon_3 + \varepsilon_2)$	$\varepsilon_4 = -(\mu \cdot \varepsilon_3 + \varepsilon_2)$
. . . . . .	. . . . . .
$\varepsilon_r = -(\mu\,\varepsilon_{r-1} + \varepsilon_{r-2})$	$\varepsilon_r = -(\mu\,\varepsilon_{r-1} + \varepsilon_{r-2})$
. . . . . .	. . . . . .
$\varepsilon_n = -(\mu\,\varepsilon_{n-1} + \varepsilon_{n-2})$	$\varepsilon_n = -(\mu\,\varepsilon_{n-1} + \varepsilon_{n-2})$

(22)

Hiermit ergeben sich die Spannungen der Ringstücke aus

$$(23)\quad \begin{cases}
Y_1 = -\frac{\varepsilon_n}{(\mu - 1)\,\varepsilon_n + \varepsilon_{n-1}} \cdot \frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{a}\,\frac{J_1}{J_2}\,Q \cdot \frac{p^2(3H-p)}{2H^3} \\
Y_2 = \frac{\varepsilon_{n-1}}{\varepsilon_n}\,Y_1 \\
Y_3 = \frac{\varepsilon_{n-2}}{\varepsilon_n}\,Y_1 \\
\ldots\ldots \\
Y_n = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_n}\,Y_1
\end{cases}$$

Die nachstehende Tabelle enthält die Gröfsen ε und die Spannungen Y für überall gleiches Trägheitsmoment der Ständer ($J_1 = J_2$) und für eine Ständerzahl $\varkappa = 8$ bis $\varkappa = 20$.

$\varkappa =$	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
α	45°	40°	36°	32°43′38″	30°	27°41′31″	25°42′52″	24°	22° 30′	21°10′35″	20°	18°56′51″	18°	
$-\mu$	2,828	2,611	2,472	2,389	2,309	2,259	2,220	2,189	2,165	2,145	2,128	2,115	2,103	
$-\frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{a}$	1,306	1,227	1,176	1,141	1,115	1,097	1,082	1,071	1,062	1,054	1,048	1,043	1,039	
ε_1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
ε_2	3,828	1	3,472	1	3,309	1	3,220	1	3,165	1	3,128	1	3,103	
ε_3	9,826	2,611	8,584	2,389	6,640	2,259	6,145	2,189	5,852	2,145	5,658	2,115	5,526	
ε_4	23,960	5,817	17,747	4,707	12,024	4,102	10,422	3,793	9,505	3,601	8,912	3,472	8,517	
ε_5		12,578	3,5287	8,857	21,133	7,006	16,991	6,115	14,726	5,578	13,309	5,226	1,2386	
ε_6				16,450	38,483	11,724	27,297	9,594	22,382	8,364	19,414	7,580	17,530	
ε_7						19,475	4,4718	14,889	33,730	12,361	28,010	10,802	24,480	
ε_8								23,002	50,643	18,150	40,192	15,261	33,951	
ε_9										26,568	57,530	21,469	46,919	
ε_{10}												30,137	64,720	
$-Y_1$	0,382	0,389	0,396	0,400	0,404	0,412	0,415	0,421	0,425	0,429	0,431	0,434	0,437	$\cdot\, Q\frac{p^2(3H-p)}{2H^3}$
Y_2	0,410	0,462	0,503	0,538	0,549	0,602	0,614	0,647	0,666	0,683	0,699	0,712	0,725	$\cdot\, Y_1$
Y_3	0,159	0,208	0,243	0,286	0,312	0,359	0,379	0,417	0,442	0,465	0,487	0,506	0,525	$\cdot\, Y_1$
Y_4	0,042	0,079	0,098	0,145	0,172	0,210	0,233	0,266	0,291	0,315	0,337	0,358	0,378	$\cdot\, Y_1$
Y_5		0	0,028	0,061	0,086	0,116	0,137	0,165	0,188	0,210	0,231	0,252	0,271	$\cdot\, Y_1$
Y_6				0	0,026	0,051	0,072	0,095	0,114	0,136	0,155	0,173	0,191	$\cdot\, Y_1$
Y_7						0	0,022	0.043	0,062	0,081	0,098	0,115	0,132	$\cdot\, Y_1$
Y_8								0	0,020	0,038	0,054	0,070	0,085	$\cdot\, Y_1$
Y_9										0	0,017	0,033	0,048	$\cdot\, Y_1$
Y_{10}												0	0,015	$\cdot\, Y_1$

3. Wir nehmen nunmehr den Belastungsfall an, wie er durch Abbildung 11 dargestellt ist. Die angreifenden Kräfte sind:

Ständer	0,	I,	II,	III . . .	m,	$m+1$ . . .	$n-1$
$P =$	P_0	$P_0\cos\alpha$	$P_0\cos 2\alpha$	$P_0\cos 3\alpha$ . . .	$P_0\cos m\alpha$	0 . . .	0
$Q =$	0	$P_0\sin\alpha$	$P_0\sin 2\alpha$	$P_0\sin 3\alpha$ . . .	$P_0\sin m\alpha$,	$P_0\sin(m+1)\alpha$ . . .	$P_0\sin(n-1)\alpha$.

Die Ringspannungen, welche entstehen, wenn eine Kraft $= P_0$ radial oder tangential auf einen Ständer wirkt, seien mit $X_1\, X_2 \ldots$ und mit $Y_1\, Y_2 \ldots$ bezeichnet. Sie sind durch die Gleichungen (20) und (23) bestimmt. Für den vorliegenden Belastungsfall seien die Ringspannungen $S_1\, S_2 \ldots$ Die zum Ständer 0 symmetrisch gelegenen Ringstücke erhalten gleiche Spannung.

Mit Benutzung der Gröfsen X und Y lassen sich für diese Ringspannungen leicht die folgenden Ausdrücke aufstellen:

$$(24)\ \ldots\quad S_1 = \left\{\begin{aligned} &(1+\cos\alpha)X_1\\ &+(\cos\alpha+\cos 2\alpha)X_2\\ &+(\cos 2\alpha+\cos 3\alpha)X_3\\ &\quad\cdots\cdots\\ &+[\cos(m-1)\alpha+\cos m\alpha]\,X_m\\ &+\cos m\alpha\cdot X_{m+1}\end{aligned}\right. + \left\{\begin{aligned} &\sin\alpha\, Y_1\\ &+(\sin\alpha+\sin 2\alpha)\,Y_2\\ &\quad\cdots\cdots\\ &+[\sin(m-1)\alpha+\sin m\alpha]\,Y_m\\ &\quad\cdots\cdots\\ &+[\sin(n-2)\alpha+\sin(n-1)\alpha]\,Y_{n-1}\\ &+\sin(n-1)\alpha\, Y_n\end{aligned}\right.$$

$$S_2 = \left\{\begin{aligned} &(\cos\alpha+\cos 2\alpha)X_1\\ &+(1+\cos 3\alpha)X_2\\ &+(\cos\alpha+\cos 4\alpha)X_3\\ &\quad\cdots\cdots\\ &+[\cos(m-3)\alpha+\cos m\alpha]\,X_{m-1}\\ &+\cos(m-2)\alpha\, X_m\\ &+\cos(m-1)\alpha\, X_{m+1}\\ &+\cos m\alpha\, X_{m+2}\end{aligned}\right. + \left\{\begin{aligned} &(\sin 2\alpha-\sin\alpha)\,Y_1\\ &+\sin 3\alpha\, Y_2\\ &+\sin(4\alpha+\sin\alpha)\,Y_3\\ &+\cdots\cdots\\ &+[\sin m\alpha+\sin(m-3)\alpha]\,Y_{m-1}\\ &+\cdots\cdots\\ &+[\sin(n-1)\alpha+\sin(n-4)\alpha]\,Y_{n-2}\\ &+\sin(n-3)\alpha\, Y_{n-1}+\sin(n-2)\alpha\, Y_n+\sin(n-1)\alpha\, Y_{n+1}\end{aligned}\right.$$

$$S_3 = \left\{\begin{aligned} &(\cos 2\alpha + \cos 3\alpha) X_1 \\ &+ (\cos \alpha + \cos 4\alpha) X_2 \\ &+ (1 + \cos 5\alpha) X_3 \\ &\quad \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ &+ [\cos (m-5)\alpha + \cos m\alpha] X_{m-2} \\ &+ \cos (m-4)\alpha X_{m-1} \\ &+ \cos (m-3)\alpha X_m \\ &+ \cos (m-2)\alpha X_{m+1} \\ &+ \cos (m-1)\alpha X_{m+2} \\ &+ \cos m\alpha X_{m+3} \end{aligned}\right. + \left\{\begin{aligned} &(\sin 3\alpha - \sin 2\alpha) Y_1 \\ &+ (\sin 4\alpha - \sin \alpha) Y_2 \\ &+ \sin 5\alpha\, Y_3 \\ &\quad \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ &+ [\sin (m-5)\alpha + \sin m\alpha] Y_{m-2} \\ &+ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ &+ [\sin (n-1)\alpha + \sin (n-6)\alpha] Y_{n-3} \\ &+ \sin (n-5)\alpha\, Y_{n-2} \\ &+ \sin (n-4)\alpha\, Y_{n-1} \\ &+ \sin (n-3)\alpha\, Y_n + \sin (n-2)\alpha\, Y_{n+1} + \sin (n-1)\alpha\, Y_{n+2} \end{aligned}\right.$$

u. s. w. . . . .

Unter Annahme eines Ständerquerschnittes, dessen Trägheitsmoment nach allen Richtungen gleich grofs ist ($J_1 = J_2$), kann man für die Gröfsen X und Y die oben berechneten Tabellenwerthe einsetzen. Werden auch noch die durch die Gleichungen (15) und (16) ausgedrückten Beziehungen berücksichtigt, so findet man für die Spannung S_1 des ersten Ringstückes

wenn die Ständerzahl	$z =$ 8	10	12	14	16	18	20
bei nur radialer Führung	$S_1 = 0{,}441$	0,383	0,387	0,390	0,386	0,389	$0{,}385 \cdot R\,\dfrac{p^2\,(3\,H - p)}{2\,H^3}$
bei radialer u. tangent. Führung	$S_1 = 0{,}0381$	0,0227	0,0263	0,0252	0,0220	0,0231	$0{,}0219 \cdot R\,\dfrac{p^2\,(3\,H - p)}{2\,H^3}$

Wie man sieht, ist diese Ringspannung, wenn die Zahl der Seiten mehr als 10 beträgt, nur in sehr geringem Grade mit der Anzahl der Ständer veränderlich, sodafs mit ausreichender Genauigkeit dafür ein Mittelwerth, nämlich

$$(24\text{a}) \left\{\begin{array}{ll} \text{bei radialer Führung} \quad . \quad . & S_1 = 0{,}388\ R\dfrac{p^2(3H-p)}{2H^3} \\ \text{bei radialer u. tangent. Führung} & S_1 = 0{,}023\ R\dfrac{p^2(3H-p)}{2H^3} \end{array}\right.$$

gesetzt werden kann. Es gilt dies aber, wie bemerkt, nur für Ständer, deren Querschnitt nach den beiden Achsenrichtungen das gleiche Trägheitsmoment hat. Mit zunehmender Verschiedenheit der beiden Trägheitsmomente J_1 und J_2 wird die Ringspannung S_1 gröfser, und man erhält beispielsweise für den einen Grenzfall, dafs das Trägheitsmoment J_2 des Säulenquerschnittes verschwindend klein ist, bei nur radialer Führung die Spannung sämtlicher Ringstücke gleich grofs und hierfür die folgenden Werthe:

für $z =$	8	10	12	14	16	18	20
$S_1 =$	0,789	1,047	1,201	1,443	1,610	1,842	$2{,}018\ R\dfrac{p^2\,(3\,H - p)}{2\,H^3}$

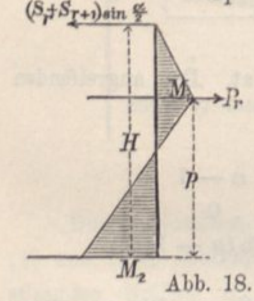


Abb. 18.

oder angenähert den Durchschnittswerth

$$S_1 = S_2 = \cdots S_n = 0{,}10\,z R\frac{p^2(3H-p)}{2H^3}.$$

Aus den Spannungen der Ringstücke ergeben sich aber leicht die auf die Ständer entfallenden Biegungsmomente und damit deren Beanspruchungen.

4. Ungünstigste Beanspruchung der Ständer. Das auf einen Ständer entfallende Biegungsmoment (Abbildung 18) wird am gröfsten entweder im Angriffspunkte der Kraft $P_r = P_0 \cos r\alpha$ oder $Q_r = P_0 \sin r\alpha$, oder an der Einspannungsstelle des Ständers. Wir bezeichnen diese Momente mit M_1 und M_2 und haben dafür die Ausdrücke:

$$\text{radial } M_1 = \sin\frac{\alpha}{2}(S_r + S_{r+1})(H-p) \qquad \text{tangential } M'_1 = \cos\frac{\alpha}{2}(S_{r+1} - S_r)(H-p)$$

$$M_2 = \sin\frac{\alpha}{2}(S_r + S_{r+1})H - P_0 p \cos r\alpha \qquad M'_2 = \cos\frac{\alpha}{2}(S_{r+1} - S_r)H - P_0 p \sin r\alpha.$$

Die Ringspannungen S_r und S_{r+1} (Gleichungen 24) sind ein Vielfaches der Gröfsen X_1 und Y_1. Es läfst sich sonach mit Bezug auf die für X_1 und Y_1 entwickelten Ausdrücke (Gl. 20 und 23) allgemein setzen:

$$(25) \ldots\ldots\ S_r = C_r\,P_0\frac{p^2\,(3H-p)}{2H^3}.$$

Trägt man, um die Abhängigkeit von der Höhe p darzustellen, diese Ringspannung als wagerechte Strecke an der Angriffsstelle der Kraft P_0 auf, so erhält man die in Abbildung 19 gezeichnete Linie. Es ist dies die Einflufslinie des Stützendruckes in B für einen in A eingespannten und in B freiaufliegenden Träger, wenn die wandernde Einzellast $= C_r\,P_0$ ist.

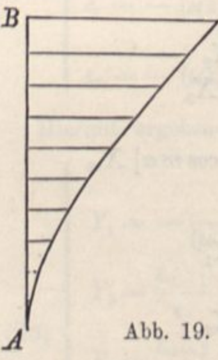


Abb. 19.

Für die Meistbeanspruchung des Ständers sind nun die Gröfstwerthe der Momente zu suchen:

$$M_1 = \sin\frac{\alpha}{2}(C_r + C_{r+1})\cdot P_0\frac{p^2(3H-p)(H-p)}{2H^3} \qquad M'_1 = \cos\frac{\alpha}{2}(C_{r+1} - C_r)\cdot P_0\frac{p^2(3H-p)(H-p)}{2H^3}$$

$$M_2 = \left[\sin\frac{\alpha}{2}(C_r + C_{r+1})\frac{p^2(3H-p)}{2H^2} - p\cos r\alpha\right]P_0 \qquad M'_1 = \left[\cos\frac{\alpha}{2}(C_{r+1} - C_r)\frac{p^2(3H-p)}{2H^2} - p\sin r\alpha\right]P_0.$$

Nimmt man P_0 unabhängig von der Hebungshöhe p an, so wird

$$M_1 \text{ und } M'_1 = \max. \text{ für } p = 0{,}63\,H.$$

Steht dagegen P_0 im Verhältnifs der Hebungshöhe p, so ergiebt sich

$$M_1 \text{ und } M'_1 = \max. \text{ für } p = 0{,}73\,H.$$

Da P_0, wie die Gleichungen für R erkennen lassen, nur zum Theil von der Hebungshöhe abhängt, zum andern Theil aber unveränderlich ist, so wäre für die ungünstigste Beanspruchung der Säule eine Hebungshöhe p anzunehmen, welche zwischen den für ein unveränderliches und den für ein veränderliches P_0 berechneten Werthen von p gelegen ist. Ebenso läfst sich auch jener Werth von p ermitteln, welcher die Ausdrücke für M_2 und M'_2 zu einem Gröfstwerth macht. In der Regel, nämlich wenn

$$\frac{3}{2}(C_{r+1} + C_r)\sin\frac{\alpha}{2} < \cos r\alpha$$

$$\frac{3}{2}(C_{r+1} - C_r)\cos\frac{\alpha}{2} < \sin r\alpha,$$

ist ein analytischer Gröfstwerth nicht vorhanden, und wird das Moment M_2 und M'_2 am gröfsten für die gröfstmögliche Hebungshöhe, d. i. zumeist annähernd für $p = H$.

Unter diesen Voraussetzungen wird aber

$$(26) \quad \ldots\ldots \quad S_r = C_r P_0.$$

Von den beiden Momenten M_1 (oder M'_1) und M_2 (oder M'_2) ist das auf den Fufs der Säule entfallende in der Regel das gröfsere. Sind daselbst die Trägheitsmomente des Säulenquerschnitts in radialer und tangentialer Richtung J_1 und J_2, sind ferner d_1 und d_2 die Abstände des am meisten gespannten Querschnittspunktes von den Trägheitsachsen, so wird die gröfste Inanspruchnahme

$$s = \frac{M_2 d_1}{J_1} + \frac{M'_2 d_2}{J_2}.$$

In der Regel, wenigstens bei Ständern, deren Querschnitt nach den beiden Achsenrichtungen gleiches oder nicht zu sehr verschiedenes Trägheitsmoment besitzt, ist der in der Windrichtung befindliche Ständer 0 der stärkst beanspruchte. Man kann sich dann mit der Berechnung nur der auf diesen Ständer wirkenden Kräfte begnügen. Sind jedoch die beiden Hauptträgheitsmomente des Ständerquerschnitts sehr verschieden (I-förmiger Querschnitt), so wird im allgemeinen nicht der Ständer 0, sondern ein anderer die stärkste Beanspruchung erfahren. Berücksichtigt man, dafs die Spannung des Ringes um so gröfser wird, je kleiner das Trägheitsmoment J_2 ist, dafs aber mit mäfsig wachsender Ringspannung das Biegungsmoment M_2 und M_2', so lange es überhaupt negativ bleibt, an numerischer Gröfse abnimmt, so folgt, dafs es für die Verminderung der Beanspruchung der Ständer im allgemeinen zweckmäfsig ist, sie mit einem Querschnitte auszubilden, dessen Trägheitsmoment für tangentiale Kraftrichtung kleiner ist als für die radiale Richtung. Es dürfte sich sonach für die Ständer der I-Querschnitt besser eignen als der ringförmige oder symmetrisch kreuzförmige Querschnitt.

Mit Rücksicht auf den Umstand, dafs wir unserer Berechnung ziemlich ungünstige Annahmen hinsichtlich Wind- und Schneedruck zu Grunde gelegt haben, für welche die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Eintretens nur gering ist, dürfte es zulässig sein, sich bei der Wahl der Beanspruchung mit etwa der 3fachen Sicherheit gegen Bruch zu begnügen. Wir setzen daher für die zulässige Beanspruchung

für Gufseisen (Zug) . . $s = 400$ kg/qcm,
„ Schmiedeeisen . . $s = 1100$ „

Beispiel.

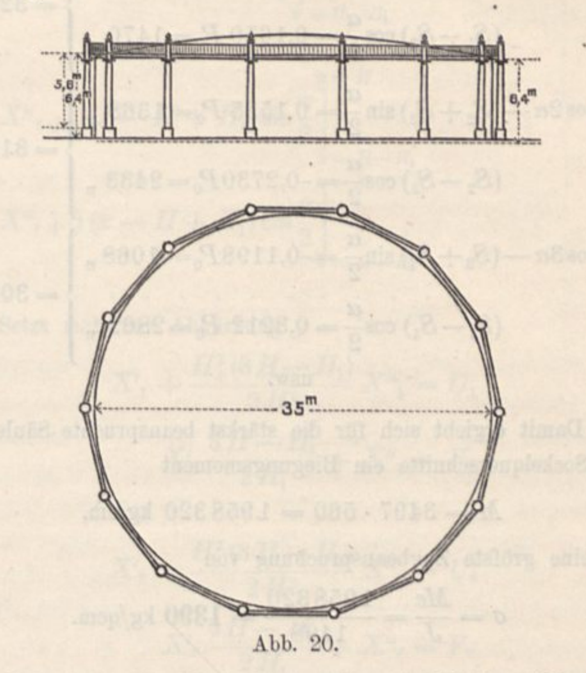


Abb. 20.

Bei dem vorstehend dargestellten Gasbehälter (München) bestand das Führungsgerüst aus 14 gufseisernen Säulen, welche dort, wo sie in den Sockel eintraten, d. i. bei einer Höhe von 5,6 m, einen äufseren Durchmesser von 42 cm bei 11 mm Wandstärke hatten. Die Säulen waren oben durch einen wagerechten Ring verbunden.

Durchmesser des Behälters . $D = 35$ m,
Höhe des Behälters . . . . $h = 6{,}4$ m,
Höhe des Gerüstes . . . . $H = 6{,}4$ m,

Widerstandsmoment des Säulenquerschnittes $\frac{J}{e} = 1408$ cm³.

Nach Formel (5a) wird, wenn näherungsweise $a = h$ gesetzt wird, der Druck auf den oberen Rollenkranz

$$R = \frac{D}{h}(58{,}5\,h^2 + 3{,}5\,hD + 2{,}08\,D^2) = 31\,188 \text{ kg}.$$

Wir berechnen nun zunächst die Ringspannungen. Es ist $z = 14$ und wegen $J_1 = J_2$ $\mu = -2{,}220$. Mit Benutzung der Tabellenwerthe ergeben die Gleichungen (24) für die Spannungen der Ringstücke windabseits:

$$S_1 = 3{,}2584\,X_1 + 2{,}6382\,Y_1$$
$$S_2 = 2{,}8545\,X_1 + 2{,}1368\,Y_1$$
$$S_3 = 2{,}1861\,X_1 + 1{,}2709\,Y_1$$
$$S_4 = 1{,}4856\,X_1.$$

1. Es seien nur radiale Führungen vorhanden. Dann folgt aus Gleichung (15) der Druck auf die Säule 0

$$P_0 = \frac{4\,R}{14} = \frac{31\,188}{3{,}5} = 8911 \text{ kg}$$

und da in diesem Falle bei dem höchsten Stande der Glocke, d. i. für $p = H$,

$$X_1 = 0{,}419\,P_0 \quad Y_1 = 0$$

ist, so wird

$$S_1 = 1{,}3635\,P_0 = 12166 \text{ kg}$$
$$S_2 = 1{,}1961\,P_0 = 10658 \text{ „}$$
$$S_3 = 0{,}9160\,P_0 = 8161 \text{ „}$$
$$S_4 = 0{,}6225\,P_0 = 5547 \text{ „}.$$

Für die die Säulen beanspruchenden Kräfte erhält man:

Säule 0 . . . . . $P_0 - 2S_1 \sin\frac{\alpha}{2} = 0{,}3924\, P_0 = 3497$ kg

$$„\ \mathrm{I}\left\{\begin{array}{l} P_0 \cos\alpha - (S_1 + S_2)\sin\frac{\alpha}{2} = 0{,}3310\, P_0 = 2950\ „ \\ (S_1 - S_2)\cos\frac{\alpha}{2} = 0{,}1650\, P_0 = 1470\ „ \end{array}\right\} = 3296\,\mathrm{kg}$$

$$„\ \mathrm{II}\left\{\begin{array}{l} P_0 \cos 2\alpha - (S_2 + S_3)\sin\frac{\alpha}{2} = 0{,}1535\, P_0 = 1368\ „ \\ (S_2 - S_3)\cos\frac{\alpha}{2} = -0{,}2730 P_0 = 2433\ „ \end{array}\right\} = 3129\,\mathrm{kg}$$

$$„\ \mathrm{III}\left\{\begin{array}{l} P_0 \cos 3\alpha - (S_3 + S_4)\sin\frac{\alpha}{2} = -0{,}1198 P_0 = -1068\ „ \\ (S_3 - S_4)\cos\frac{\alpha}{2} = 0{,}3212\, P_0 = 2862\ „ \end{array}\right\} = 3055\,\mathrm{kg}$$

usw.

Damit ergiebt sich für die stärkst beanspruchte Säule 0 in dem Sockelquerschnitte ein Biegungsmoment

$$M = 3497 \cdot 560 = 1\,958\,320 \text{ kg/cm},$$

und eine gröſste Zugbeanspruchung von

$$\sigma = \frac{Mc}{J} = \frac{1\,958\,320}{1408} = \mathbf{1390} \text{ kg/qcm}.$$

Hiernach würde die Zugfestigkeitsgrenze des Guſseisens schon erreicht oder überschritten sein, und es müſste das Gerüst unter einer ähnlichen Belastung, wie sie die obige Rechnung annimmt, bereits zusammenbrechen. Dies ist thatsächlich (1878) geschehen, als eine auf dem Behälter liegende Schneedecke zur Hälfte, nämlich auf der von der Sonne bestrahlten Seite plötzlich abrutschte, wodurch die übrig bleibende einseitige Schneelast vielleicht mit einem gewissen Stoſse verbunden zur Wirkung gelangte.

2. Sind auſser den radialen auch noch tangentiale Führungen vorhanden und nimmt man an, daſs alle Rollen gleichzeitig und gleichmäſsig an den Führungen anliegen, so stellt sich die Beanspruchung des Gerüstes etwas günstiger heraus. Es ist nämlich in diesem Falle nach Gleichung (16)

$$P_0 = \frac{4R}{3 \cdot 14} = \frac{31\,188}{10{,}5} = 2970 \text{ kg}$$

und man erhält für die Ringspannungen aus den Gl. 24 mit $X_1 = 0{,}419\, P_0$ und $Y_1 = -0{,}415\, P_0$

$$\begin{aligned} S_1 &= 0{,}2704\, P_0 = 803 \text{ kg} \\ S_2 &= 0{,}3093\, P_0 = 919\ „ \\ S_3 &= 0{,}3886\, P_0 = 1154\ „ \\ S_4 &= 0{,}6225\, P_0 = 1849\ „ \end{aligned}$$

usw.

Die Säulen werden nunmehr von folgenden Kräften beansprucht:

Säule 0 . . . . . $P_0 - 2S_1 \sin\frac{\alpha}{2} = 0{,}8797\, P_0 = 2613$ kg

$$„\ \mathrm{I}\left\{\begin{array}{l} P_0 \cos\alpha - (S_1 + S_2)\sin\frac{\alpha}{2} = 0{,}7720\, P_0 = 2293\ „ \\ P_0 \sin\alpha + (S_1 - S_2)\cos\frac{\alpha}{2} = 0{,}3960\, P_0 = 1176\ „ \end{array}\right\} = 2577\,\mathrm{kg}$$

$$\text{Säule II}\left\{\begin{array}{l} P_0 \cos 2\alpha - (S_2 + S_3)\sin\frac{\alpha}{2} = 0{,}4682\, P_0 = 1390\,\mathrm{kg} \\ P_0 \sin 2\alpha + (S_2 - S_3)\cos\frac{\alpha}{2} = 0{,}7045\, P_0 = 2092\ „ \end{array}\right\} = 2053\,\mathrm{kg}$$

$$\text{Säule III}\left\{\begin{array}{l} P_0 \cos 3\alpha - (S_3 + S_4)\sin\frac{\alpha}{2} = -0{,}0025\, P_0 = -7\ „ \\ P_0 \sin 3\alpha + (S_3 - S_4)\cos\frac{\alpha}{2} = 0{,}7469\, P_0 = 2218\ „ \end{array}\right\} = 2218\ „$$

usw.

Die gröſste Beanspruchung der Säulen ergiebt sich hiermit

$$\sigma = \frac{2613 \cdot 560}{1408} = \mathbf{1039} \text{ kg/qcm},$$

also noch immer mit einer nahe an der Zugfestigkeit des Guſseisens gelegenen Ziffer. Da nun aber kaum anzunehmen ist, daſs alle Führungsrollen gleichmäſsig anliegen, so dürfte auch beim Vorhandensein tangentialer Führungen die thatsächliche Beanspruchung der Säulen noch gröſser sein als die oben berechnete. Der Zusammenbruch des Gerüstes würde sich sonach auch in dem Falle erklären, wenn auſser den radialen Führungen auch noch tangentiale Führungen vorhanden waren.

b) Gerüste mit zwei wagerechten Ringen.

Das Gerüst besteht wieder aus $z = 2n$ oder $z = 2n - 1$ Ständern, deren Querschnitts-Trägheitsmomente in radialer und tangentialer Richtung J_1 und J_2 seien. Sie sind durch zwei wagerechte Ringe verbunden, von denen der obere in der Höhe H, der untere in der Höhe H_1 von dem eingespannten Fuſsende der Ständer angebracht ist.

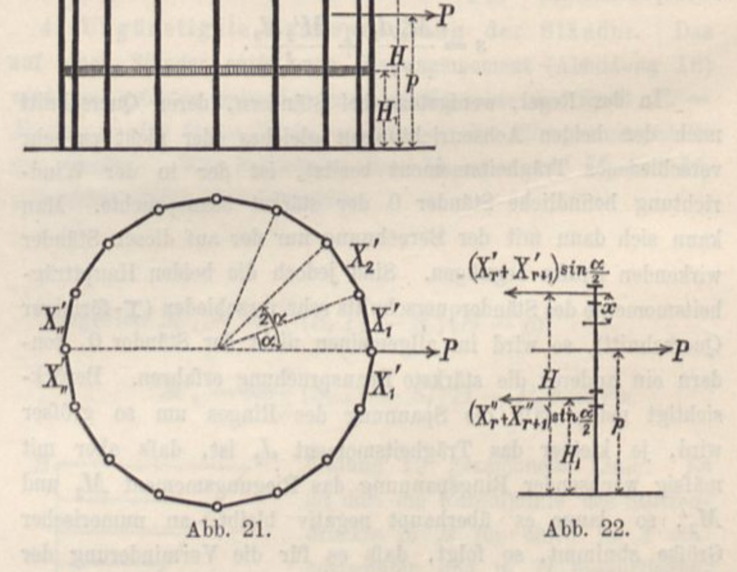


Abb. 21. Abb. 22.

1. Es wirkt nur eine Kraft P in radialer Richtung auf einen Ständer und zwar in der Höhe p über dem Ständerfuſse.

Die Spannungen der oberen Ringstücke seien mit $X'_1\, X'_2\, X'_3 \ldots X'_n$, jene des unteren Ringes mit $X''_1\, X''_2\, X''_3 \ldots X''_n$ bezeichnet. Für die auf die Säulen kommenden Biegungsmomente lassen sich, sofern $p > H_1$, die folgednen Ausdrücke aufstellen:

$$\text{Säule 0 radial } M = 2X'_1\, x \sin\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=0}^{x=H} + 2X''_1 (x - H + H_1)\sin\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=H-H_1}^{x=H} - P(x - H + p)\Big]_{x=H-p}^{x=H}$$

Säule I

radial $M = (X'_1 + X'_2) \quad x \sin\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=0}^{x=H} + (X''_1 + X''_2) \sin\frac{\alpha}{2}(x - H + H_1)\Big]_{x=H-H_1}^{x=H}$

tangential $M = (X'_1 - X'_2) \quad x \cos\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=0}^{x=H} + (X''_1 - X''_2)(x - H + H_1)\cos\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=H-H_1}^{x=H}$

. . . .

Säule r

radial $M = (X'_r + X'_{r+1})\, x \sin\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=0}^{x=H} + (X''_r + X''_{r+1})(x - H + H_1)\sin\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=H-H_1}^{x=H}$

tangential $M = (X'_r - X'_{r+1})\, x \cos\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=0}^{x=H} + (X''_r - X''_{r+1})(x - H + H_1)\cos\frac{\alpha}{2}\Big]_{x=H-H_1}^{x=H}$

. . . .

Die Anwendung desselben Rechnungsverfahrens wie oben, bei Fall (a), ergiebt ein System von Gleichungen, von welchen unter Einführung der durch die Gleichungen (18) bestimmten Grofsen a, b und μ die beiden ersten lauten:

$$X'_1(2b + a) + X'_2 a + [X''_1(2b + a) + X''_2 a]\frac{H_1^2(3H_1 - H)}{2H^3} = P\frac{p^2(3H - p)}{2H^3}\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$[X'_1(2b + a) + X'_2 a]\frac{3H - H_1}{2H_1} + X''_1(2b + a) + X''_2 a = P\cdot\frac{3p - H_1}{2H_1}\sin\frac{\alpha}{2}.$$

Setzt man zur Abkürzung

$$X'_1 + \frac{H_1^2(3H - H_1)}{2H^3}X''_1 = U_1$$

$$X'_1\frac{3H - H_1}{2H_1} + X''_1 = V_1$$

$$X'_r + \frac{H_1^2(3H - H_1)}{2H^3}X''_r = U_r$$

$$X'_r\frac{3H - H_1}{2H_1} + X''_r = V_r$$

. . . .

so läfst sich dieses Gleichungssystem in zwei Gruppen getrennt auch schreiben:

$$(1 + \mu)U_1 + U_2 = P\cdot\frac{p^2(3H - p)}{2H^3}\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a} \qquad (1 + \mu)V_1 + V_2 = P\frac{3p - H_1}{2H_1}\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}$$

$$U_1 + \mu U_2 + U_3 = 0 \qquad V_1 + \mu V_2 + V_3 = 0$$

$$U_{n-2} + \mu U_{n-1} + U_n = 0 \qquad V_{n-2} + \mu V_{n-1} + V_n = 0$$

$$U_{n-1} + (1 + \mu)U_n = 0 \qquad V_{n-1} + (1 + \mu)V_n = 0.$$

Bei ungerader Ständerzahl $z = 2n - 1$ treten an Stelle der beiden letzten Gleichungen:

$$2U_{n-1} + \mu U_n = 0 \qquad 2V_{n-1} + \mu V_n = 0.$$

Zur Auflösung dieser Gleichungen können wieder die durch die Gleichungen (19) bestimmten Hülfsgröfsen e benutzt werden. Es wird hiermit

$$U_1 = \frac{e_n}{(1 + \mu)e_n + e_{n-1}}\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}P\frac{p^2(3H - p)}{2H^3} \qquad V_1 = \frac{e_n}{(1 + \mu)e_n + e_{n-1}}\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}P\cdot\frac{3p - H_1}{2H_1}$$

. . . .

$$U_r = \frac{e_{n-r+1}}{e_n}U_1 \qquad V_r = \frac{e_{n-r+1}}{e_n}V_1.$$

Da aber

$$X'_r = \frac{2}{4H^3 - (3H - H_1)^2 H_1}[2H^3 U_r - H_1^2(3H - H_1)V_r]$$

$$X''_r = \frac{2}{4H^3 - (3H - H_1)^2 H_1}[2H_1 V_r - (3H - H_1)U_r]\frac{H^3}{H_1}$$

ist, so ergiebt sich schliefslich:

(27)

$$X'_1 = \frac{-H_1(3H - H_1)(3p - H_1) + 2p^2(3H - p)}{4H^3 - (3H - H_1)^2 H_1} \times \frac{e_n}{(1 + \mu)e_n + e_{n-1}}\cdot\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}\cdot P$$

$$X''_1 = \frac{2(3p - H_1)H^3 - p^2(3H - H_1)(3H - p)}{H_1[4H^3 - (3H - H_1)^2 H_1]} \times \frac{e_n}{(1 + \mu)e_n + e_{n-1}}\cdot\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}\cdot P$$

$$X'_2 = \frac{e_{n-1}}{e_n}X'_1 \qquad X''_2 = \frac{e_{n-1}}{e_n}X''_1$$

. . . .

$$X'_r = \frac{e_{n-r+1}}{e_n}X'_1 \qquad X''_r = \frac{e_{n-r+1}}{e_n}X''_1$$

. . . .

$$X'_n = \frac{e_1}{e_n}X'_1 \qquad X''_n = \frac{e_1}{e_n}X''_1.$$

Die obigen Ausdrücke für X'_1 und X''_1 gelten so lange als $p > H_1$ ist, die äufsere Kraft also oberhalb des unteren Ringes angreift. Ist $p < H_1$, so treten an ihre Stelle die Ausdrücke

$$(27a)\left\{\begin{aligned} X'_1 &= \frac{p^2[2H_1(3H-p)-(3H_1-p)(3H-H_1)]}{H_1[4H^3-(3H-H_1)^2H_1]} \\ &\times \frac{e_n}{(1+\mu)e_n+e_{n-1}}\cdot\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\alpha}\cdot P \\ X''_1 &= \frac{p^2[2H^3(3H_1-p)-H_1^2(3H-p)(3H-H_1)]}{H_1^3[4H^3-(3H-H_1)^2H_1]} \\ &\times \frac{e_n}{(1+\mu)e_n+e_{n-1}}\cdot\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\alpha}\cdot P. \end{aligned}\right.$$

Wie man sieht, stehen die Spannungen der Ringstücke sonach zu einander in demselben Verhältnisse, wie wenn nur ein wagerechter Ring vorhanden wäre, und zwar betragen sie einen gewissen Bruchtheil jener durch die Gleichungen (20) bestimmten Spannungen. Dies gilt natürlich auch für eine Belastung der Säule 0 durch eine tangentiale Kraft, sowie überhaupt für jede andere Belastung, sodafs wir bei der Berechnung eines Gerüstes mit zwei Ringen in folgender Weise vorgehen können: Wir ermitteln zunächst die Ringspannungen $S_1\, S_2\, ..\, S_r\, ..\, S_n$ nach den Gleichungen (24), nämlich unter der Annahme, dafs nur ein Ring vorhanden ist und die Belastungskräfte in der Ebene dieses Ringes angreifen. Hiermit ergeben sich dann für die in der Höhe p wirkenden Belastungen die Spannungen der beiden Ringe

$$(28)\left\{\begin{aligned} S'_r &= \frac{2p^2(3H-p)-H_1(3H-H_1)(3p-H_1)}{4H^3-(3H-H_1)^2H_1}\cdot S_r \\ S''_r &= \frac{2(3p-H_1)H^3-p^2(3H-H_1)(3H-p)}{H_1[4H^3-(3H-H_1)^2H_1]}\cdot S_r \end{aligned}\right\}\text{für } p>H_1$$

und

$$(28a)\left\{\begin{aligned} S'_r &= \frac{p^2[2H_1(3H-p)-(3H_1-p)(3H-H_1)]}{H_1[4H^3-(3H-H_1)^2H_1]}\cdot S_r \\ S''_r &= \frac{p^2[2H^3(3H_1-p)-H_1^2(3H-p)(3H-H_1)]}{H_1^3[4H^3-(3H-H_1)^2H_1)]}\cdot S_r \end{aligned}\right\}\text{für } p<H_1.$$

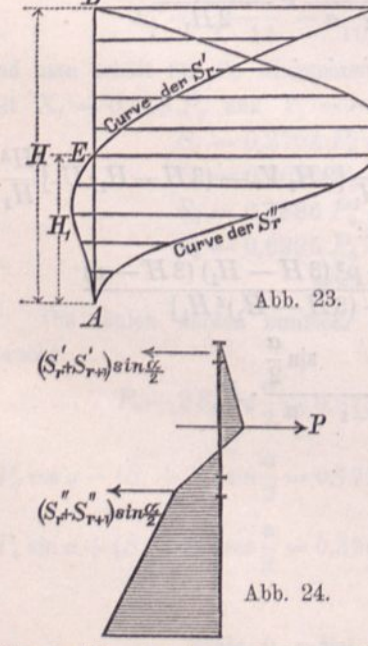


Abb. 23.

Abb. 24.

Die nebenstehende Abbildung 23 giebt die Darstellung dieser Formeln für ein Verhältnifs $H_1 = 1/2\,H$. Man erkennt, dafs diese Linien wieder mit den Einflufslinien der Drucke in den Stützen B und E eines Trägers übereinstimmen, der auf den beiden Stützen B und E frei aufliegt und in A fest eingespannt ist. Die wandernde Einzellast hat dabei die Gröfse $S_r = C_r P_0$.

2. **Ungünstigste Beanspruchung der Ständer.** Die gröfste Beanspruchung eines Ständers wird entweder an seinem Fufse oder im Angriffspunkte der Kraft P auftreten. Die auf den Ständer wirkenden Biegungsmomente stellen sich nämlich im allgemeinen nach Abbildung 24 dar und zwar wird das Moment am Fufse

$$M_2 = P_r p - (S'_r + S'_{r+1})\sin\frac{\alpha}{2}\cdot H - (S''_r + S''_{r+1})\sin\frac{\alpha}{2}\,H_1.$$

Den Gröfstwerth dieses Ausdruckes wird man am besten einer bildlichen Darstellung (Abb. 25) entnehmen. Man trägt

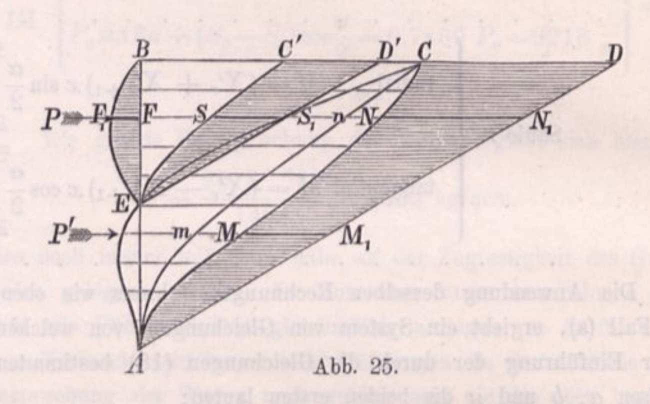


Abb. 25.

an die Linie S_r' noch die im Verhältnifs $\frac{H_1}{H}$ umgerechneten Höhen der Linie S_r'' an, wodurch die Linie $AMNC$ erhalten wird. Wählt man nun den Mafsstab so, dafs $BC = (C_r + C_{r+1}) \times \sin\frac{\alpha}{2}$ ist und macht dann $BD = \frac{P_r}{P_0}$, so verhalten sich die wagerechten Abstände $NN' = y$ der Geraden AD von der Linie $AMNC$ wie die Momente $M_2 = y \cdot P_0 H$.

Wirken bei einem Auszugsbehälter zwei oder mehr Führungsdrücke $P_0\, P_0' \cdots$ auf einen Ständer, so ist das Moment am Ständerfufse

$$M_2 = [P_0 \overline{NN_1} + P_0' \overline{MM_1} + \cdots]\cdot H.$$

Wie man aus der bildlichen Darstellung sieht, wird der Gröfstwerth des Momentes M_2 in der Regel bei der höchsten Lage der angreifenden Kräfte, also bei dem höchsten Stande des Behälters auftreten.

In der Abbildung 25 ist auch die Linie $AmnC$ eingetragen, deren Höhen den Ringspannungen (nach Gleichung 25) entsprechen, wenn nur der obere Ring vorhanden ist. Das auf den Säulenfufs bezogene Biegungsmoment wird demnach durch das Vorhandensein des zweiten Ringes vermindert und zwar entsprechend dem Unterschiede der Höhen der beiden Linien $AMNC$ und $AmnC$. Um auch die Biegungsmomente im Querschnitte E, wo der zweite Ring liegt, darzustellen, mache man $BD' = BD \cdot \frac{BE}{AB}$ und ändere auch die Höhen der Linie CE im Verhältnisse $\frac{BE}{AB}$; dann ist für die in F angreifende Kraft das Biegungsmoment in $E = \overline{SS_1}\cdot P_0 H$. Endlich ist noch das Moment im Angriffspunkte der Last selbst durch die, ebenfalls auf die Einheit $P_0 H$ bezogene, Linie BF_1E gegeben. Bei überall gleichem Querschnitt der Säule tritt hiernach ihre gröfste Beanspruchung am Fufse auf.

Beispiel.

In den nachstehenden Abb. 26 ist ein zweifacher in Marseille ausgeführter Gasbehälter dargestellt. Die Hauptabmessungen sind:

Durchmesser der Glocke	$D =$	38,4 m
Höhe „ „	$h =$	8,0 m
Durchmesser des Teleskopringes	$D_1 =$	39,2 m
Höhe „ „	$h' =$	7,95 m
Abstand der Rollenkränze	$a =$	8,2 m.

Das Führungsgerüst besteht aus 18 schmiedeeisernen Säulen, die durch zwei Ringe verbunden sind. Es ist $H = 16{,}4$ m
$H_1 = 7{,}2$ m.

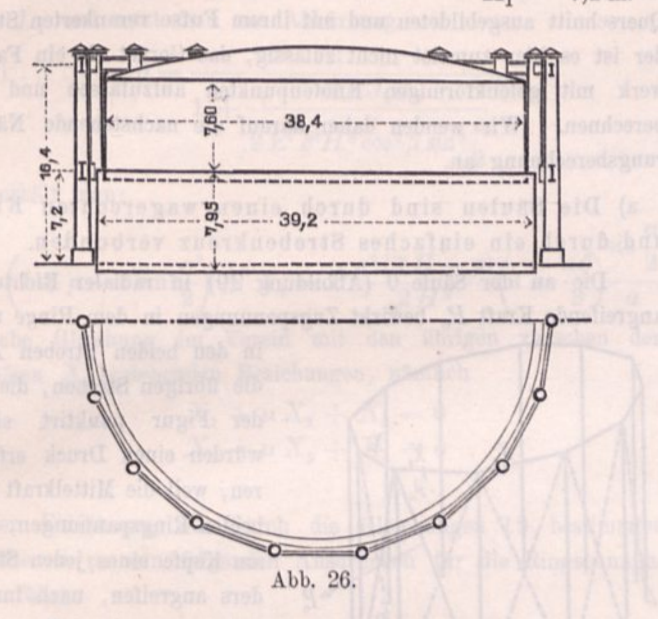


Abb. 26.

Die Säulen haben röhrenförmigen Querschnitt und am Grunde 1,00 m äufseren Durchmesser bei 12 mm Wandstärke. Das Widerstandsmoment dieses Säulenquerschnittes beträgt sonach
$$\frac{J}{e} = 9091 \text{ cm}^3.$$

Bei dem höchsten Stande des Behälters wird nach Formel (6) und (7a)
$$R_1 = \frac{38{,}4}{8{,}2}\left[58{,}5 \cdot 8^2 + 3{,}5 \cdot 38{,}4 \cdot 8 + 2{,}08 \cdot \overline{38{,}4}^2\right] = 36930 \text{ kg}.$$
$$R_2 = 117 \cdot 38{,}4 \cdot 8\left(1 - \frac{8}{16{,}4}\right) + 3{,}5 \cdot \overline{38{,}4}^2\left(1 - \frac{8}{8{,}2}\right)$$
$$- 2{,}08\,\frac{\overline{38{,}4}^3}{8{,}2} + 58{,}5 \cdot 39{,}2 \cdot 7{,}95 \qquad = 25050 \text{ kg}.$$
Um die Ringspannungen zu erhalten, berechne man, wie oben bemerkt, zunächst die Gröfsen S_r nach den Gleichungen (24), wobei die Werthe X und Y für $z = 18$, $\mu = 2{,}128$ den Tabellen entnommen werden können. Da nach dem früheren Beispiele jedenfalls die in der Windrichtung befindliche Säule O die stärkstbeanspruchte sein wird, so können wir uns begnügen, nur S_1 zu berechnen, und erhalten dafür
$$S_1 = 4{,}0409\,X_1 + 3{,}3377\,Y_1.$$

Bei dem Vorhandensein radialer und tangentialer Führungen wird nun nach Formel (16)
$$P_0 = \frac{4\,R}{3 \cdot 18},$$
mithin für den oberen Rollenkranz
$$P_0 = \frac{36930}{13{,}5} = 2735 \text{ kg},$$
für den unteren Rollenkranz
$$P_0{}' = \frac{25050}{13{,}5} = 1855 \text{ kg}.$$
Ferner ist für $p = H \cdot \cdot$ $X_1 = 0{,}433\,P_0$ $Y_1 = -0{,}431\,P_0$, mithin $S_1 = 0{,}3112\,P_0$.

Da nun für den höchsten Stand des Behälters die beiden angreifenden Kräfte P_0 und $P_0{}'$ in den Höhen $p = 15{,}4$ m und $p' = 7{,}2$ m anzunehmen sind, so folgt nach den Formeln (28)
$$S_1{}' = 0{,}8575\,S_1 = 0{,}8575 \cdot 0{,}3112 \cdot P_0 = \mathbf{728} \text{ kg}$$
$$S_1{}'' = 0{,}2711 \cdot 0{,}3112\,P_0 + 0{,}3112\,P_0{}' = \mathbf{808} \text{ kg}.$$
Hiermit wird das auf den Säulenfufs bezogene Biegungsmoment
$$M_2 = 2735 \cdot 15{,}4 + 1855 \cdot 7{,}2$$
$$- 2 \cdot 0{,}1736\ (728 \cdot 16{,}4 + 808 \cdot 7{,}2) = 49308 \text{ kgm}.$$
Die gröfste Beanspruchung berechnet sich sonach mit
$$\sigma = \frac{4930800}{9091} = \mathbf{542} \text{ kg/qcm}.$$
Würde auf die tangentialen Führungen nicht Rücksicht genommen, so wäre
$$P_0 = \frac{4\,R}{18} = \frac{R}{4{,}5}$$
zu setzen, also $P_0 = 8207$ kg
$P_0{}' = 5567$ kg,
ferner $S_1 = 1{,}7497\,P_0$,
womit sich wieder ergiebt
$$S_1{}' = 0{,}8575 \cdot 1{,}7497\,P_0 = \mathbf{12313} \text{ kg}$$
$$S_1{}'' = 0{,}2711 \cdot 1{,}7497 \cdot 8207 + 1{,}7497 \cdot 5567 = \mathbf{13633} \text{ kg}$$
Das gröfste Biegungsmoment wird nun
$$M_2 = 8207 \cdot 15{,}4 + 5567 \cdot 7{,}2$$
$$- 2 \cdot 0{,}1736\ (12313 \cdot 16{,}4 + 13633 \cdot 7{,}2) = 62249 \text{ kgm}$$
und die gröfste Beanspruchung
$$\sigma = \frac{6224900}{9091} = \mathbf{684} \text{ kg/qcm}.$$
Es hat sonach die Art der Führung des Behälters auf die Beanspruchung der Säulen einen verhältnifsmäfsig nur geringen Einflufs.

Die nach obigen Rechnungsergebnissen ziemlich niedrigen Beanspruchungen der Führungssäulen weisen darauf hin, dafs man sie etwas schwächer hätte halten können.

c) Gerüste mit drei wagerechten Ringen.

Auf Grund der bisherigen Untersuchungen läfst sich nun auch die allgemeine Lösung für den Fall angeben, dafs die mit ihrem Fufse eingespannten Führungssäulen durch beliebig viele Ringe untereinander verbunden sind. Betrachtet man nämlich eine solche Führungssäule als durchgehenden Träger, der mit einem Ende eingespannt ist und auf so vielen Stützen frei aufliegt, als Ringe vorhanden sind, so entsprechen die Drücke in diesen Stützen für eine Belastung des Trägers mit $S_r = C_r P_0$ den Spannungen $S_r{}'\ S_r{}''\ S_r{}''' \cdots$ der Ringe. Im nachstehenden werden noch die Formeln für ein Gerüst mit drei Ringen entwickelt.



Abb. 27.

Zwischen den Drücken $S_r{}'\ S_r{}''\ S_r{}'''$ des bei A eingespannten Trägers lassen sich unschwer die folgenden Beziehungen aufstellen:

$$\begin{array}{lll|l|l}
 & \text{Last } S_r = C_r P_0 \text{ zwischen} & C \text{ und } D & B \text{ und } C & A \text{ und } B \\
(29)\ . & 2S_r{}'H^3 + S_r{}''H_1{}^2(3H - H_1) + S_r{}'''H_2{}^2(3H - H_2) & = S_r\,p^2(3H - p) & S_r\,p^2(3H - p) & S_r\,p^2(3H - p) \\
 & S_r{}'H_1{}^2(3H - H_1) + 2S_r{}''H_1{}^3 + S_r{}'''H_2{}^2(3H_1 - H_2) & = S_r\,H_1{}^2(3p - H_1) & S_r\,p^2(3H_1 - p) & S_r\,p^2(3H_1 - p) \\
 & S_r{}'H_2{}^2(3H - H_2) + S_r{}''H_2{}^2(3H_1 - H_2) + 2S_r{}'''H_2{}^3 & = S_r\,H_2{}^2(3p - H_2) & S_r\,H_2{}^2(3p - H_2) & S_r\,p^2(3H_2 - p)
\end{array}$$

Die allgemeine Auflösung dieser Gleichungen führt zu weitläufigen Formeln, es ist daher zweckmäfsiger, diese Auflösung nach den Gröfsen S_r' S_r'' S_r''' für jeden einzelnen Fall besonders durchzuführen.

Sind die Ringe in gleichen Höhenabständen angeordnet, ist also $H_1 = {}^2/_3 H$, $H_2 = {}^1/_3 H$, so lauten die Formeln für die Ringspannungen

für eine Belastung zwischen C und D:

$$(30)\quad \begin{cases} S_r' = \left[\dfrac{-468p + 116H}{26H} + \dfrac{189\,p^2(3H-p)}{26H^3}\right] S_r \\ S_r'' = \left[\dfrac{1170\,p - 306H}{26H} - \dfrac{432\,p^2(3H-p)}{26H^3}\right] S_r \\ S_r''' = \left[\dfrac{-936p + 288H}{26H} + \dfrac{324\,p^2(3H-p)}{26H^3}\right] S_r \end{cases}$$

für eine Belastung zwischen B und C:

$$(30a)\quad \begin{cases} S_r' = \left[\dfrac{108p - 12H}{26H} - \dfrac{27\,(11H-9p)p^2}{26H^3}\right] S_r \\ S_r'' = \left[-\dfrac{414p - 46H}{26H} + \dfrac{27(40H-28p)p^2}{26H^3}\right] S_r \\ S_r''' = \left[\dfrac{720p - 80H}{26H} + \dfrac{27(56H-34p)p^2}{26H^3}\right] S_r \end{cases}$$

endlich für eine Belastung zwischen A und B:

$$(30b)\quad \begin{cases} S_r' = \dfrac{27p^2(H-3p)}{26H^3} \cdot S_r \\ S_r'' = -\dfrac{162p^2(H-3p)}{26H^3} \cdot S_r \\ S_r''' = \dfrac{27p^2(24H-46p)}{26H^3} \cdot S_r. \end{cases}$$

Die Gröfsen S_r sind durch die Gleichungen (24) bestimmt.

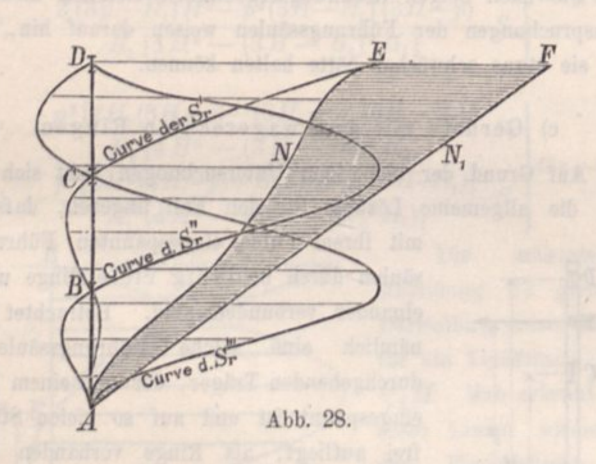


Abb. 28.

In der vorstehenden Abbildung 28 sind die Linien der Ringspannungen dargestellt. Summirt man wieder die Höhen $S_r' + {}^2/_3 S_r'' + {}^1/_3 S_r'''$, so wird die Linie ANE erhalten. Wählt man, wie in Abbildung 25, den Mafsstab so, dafs $DE = (C_r + C_{r+1}) \sin\dfrac{\alpha}{2}$ ist, und macht man $DF = \dfrac{P_r}{P_0}$, so verhalten sich die wagerechten Abstände $NN_1 = y$ der Geraden AF von der Linie ANE wie die Momente am Fufspunkte der Säule, nämlich $M_2 = y \cdot P_0 H$.

B. Führungsgerüste mit schrägen Verstrebungen.

Wenn schon die genauere Berechnung der oben behandelten Arten der Führungsgerüste nicht mehr ganz einfach ist, so wird dieselbe noch schwieriger und verwickelter bei jenen Anordnungen, wo die Ständer aufser durch die wagerechten Ringe noch durch schräge Verstrebungen verbunden sind. Infolge der mit steifem Querschnitt ausgebildeten und mit ihrem Fufse verankerten Ständer ist es hier zumeist nicht zulässig, das Gerüst als ein Fachwerk mit gelenkförmigen Knotenpunkten aufzufassen und zu berechnen. Wir wenden daher darauf die nachstehende Näherungsberechnung an.

a) Die Säulen sind durch einen wagerechten Ring und durch ein einfaches Strebenkreuz verbunden.

Die an der Säule 0 (Abbildung 29) in radialer Richtung angreifende Kraft P_0 bewirkt Zugspannungen in dem Ringe und in den beiden Streben D_1; die übrigen Streben, die in der Figur punktirt sind, würden einen Druck erfahren, weil die Mittelkraft der beiden Ringspannungen, die am Kopfe eines jeden Ständers angreifen, nach innen zu gerichtet ist. Zur Aufnahme eines Druckes sind aber die in der Regel aus Rund- oder Flacheisen gebildeten Schrägstäbe nicht befähigt. Diese Druckkräfte können sich sonach nur in der Weise geltend machen, dafs sie eine gewisse Verminderung der in den Schrägstäben durch künstliche Anspannung hervorgerufenen Zugspannungen bewirken. Nimmt man an, dafs sie sich mit diesen gerade aufheben, so können die in der Abbildung 29 punktirten Stäbe bei der angegebenen Belastung als nicht vorhanden angesehen werden, und es wirken dann auf die Säule 0 aufser der Kraft P in radialer Richtung

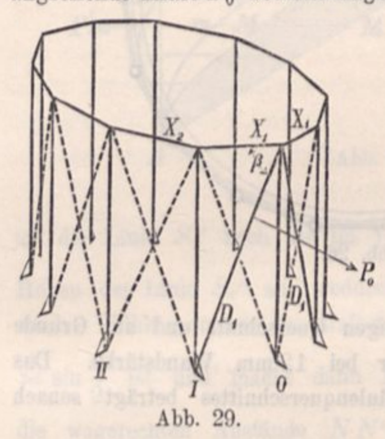


Abb. 29.

$$2\,(X_1 + D_1 \cos\beta) \sin\frac{\alpha}{2},$$

wenn β den Winkel der Schrägstäbe mit der Wagerechten bezeichnet.

Zur Bestimmung der Unbekannten $X_1\ X_2 \ldots X_n$ sowie D_1 dienen die Gleichungen:

$$\int \frac{M}{EJ}\frac{dM}{dX_1}dx = 0 \quad \int \frac{M}{EJ}\frac{dM}{dX_2}dx = 0 \ldots \int \frac{M}{EJ}\frac{dM}{dX_n}dx = 0$$

$$\int \frac{M}{EJ}\frac{dM}{dD_1}dx = 0.$$

Die Entwicklung führt zu einer ähnlichen Gleichungsgruppe, wie auf S. 429, nur mit dem Unterschiede, dafs die erste Gleichung nunmehr lautet:

$$X_1(1+\mu) + X_2 + D_1 \cos\beta \sin^2\frac{\alpha}{2} = P_0 \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\alpha}\frac{p^2(3H-p)}{2H^3}$$

und dafs noch eine weitere Gleichung hinzukommt, nämlich:

$$2\,(X_1 + D_1\cos\beta)\cos\beta\sin^2\frac{\alpha}{2}\frac{H^3}{3J_1} + D_1\frac{dE}{FE'}$$

$$- P_0\frac{p^2(3H-p)}{6J_1}\sin\frac{\alpha}{2}\cos\beta = 0,$$

worin μ und a die durch die Gleichungen (18) bestimmten Gröfsen, ferner d die Länge und F den Querschnitt, β den

Neigungswinkel der Schrägstäbe, E' das Elasticitätsmafs des zu letzteren, E jenes des zu den Säulen verwendeten Stoffes bezeichnet. Entfernt man aus den beiden vorstehenden Gleichungen D_1 und setzt man zur Abkürzung

$$(31) \quad \delta = \frac{1}{1 + \frac{3 E J_1 d}{2 E' F H^3 \cos^2\beta \sin^2\frac{\alpha}{2}}},$$

so erhält man:

$$X_1\left(1 + \mu - \delta \sin^2\frac{\alpha}{2}\right) + X_2 = P\frac{p^2(3H-p)}{2H^3}\left(1 - \frac{a\delta}{2}\right)\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a},$$

welche Gleichung im Verein mit den übrigen zwischen den Gröfsen X bestehenden Beziehungen, nämlich

$$X_1 + \mu X_2 + X_3 = 0$$
$$X_2 + \mu X_3 + X_4 = 0$$
$$\cdots\cdots$$

unter Einführung der durch die Gleichungen 19 bestimmten Gröfsen e zu den folgenden Ausdrücken für die Ringspannungen führt:

$$X_1 = \frac{e_n}{\left(1+\mu-\delta\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)e_n + e_{n-1}}\left(1 - \frac{a\delta}{2}\right)\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}P\frac{p^2(3H-p)}{2H^3}$$

$$X_2 = \frac{e_{n-1}}{e_n}X_1$$

$$\cdots\cdots$$

$$X_r = \frac{e_{n-r+1}}{e_n}X_r.$$

Es stellt sich hiernach heraus, dafs die Berechnung eines derartigen Führungsgerüstes wie folgt vorgenommen werden kann. Man rechne zunächst nach den Gleichungen (24) die Spannungen S_1 S_2 . . . der Ringstücke, welche auftreten würden, wenn keine Verstrebungen vorhanden wären. Mit diesen ergeben sich dann die Ringspannungen $\overline{S}_1$ $\overline{S}_2$ . . . für das mit Verstrebung versehene Führungsgerüst aus:

$$(32) \quad \begin{cases} \overline{S}_1 = \dfrac{(1+\mu)e_n + e_{n-1}}{\left(1+\mu-\delta\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)e_n + e_{n-1}}\left(1 - \dfrac{a\delta}{2}\right)S_1 \\ \overline{S}_2 = \dfrac{(1+\mu)e_n + e_{n-1}}{\left(1+\mu-\delta\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)e_n + e_{n-1}}\left(1 - \dfrac{a\delta}{2}\right)S_2 \\ \cdots\cdots \end{cases}$$

Die Spannung der Streben berechnet sich damit annähernd aus

$$(33) \quad D_1\cos\beta = \frac{\delta}{2\sin\frac{\alpha}{2}}\left[\frac{P_0 p^2(3H-p)}{2H^3} - 2\overline{S}_1\sin\frac{\alpha}{2}\right].$$

Auf die Säule 0 wirken nebst einer Längskraft $D_1 \sin\beta$ ein Moment im Angriffspunkte von P_0

$$M_1 = 2(\overline{S}_1 + D_1\cos\beta)\sin\frac{\alpha}{2}(H-p)$$

und ein Moment im Fufspunkte der Säule

$$M_2 = 2(\overline{S}_1 + D_1\cos\beta)\sin\frac{\alpha}{2}H - P_0 p.$$

Das Moment M_1 erreicht seinen Gröfstwerth, wie auf S. 437 nachgewiesen wurde, für p zwischen 0,63 und 0,73 H.

Beispiel.

Das auf S. 438 nachgerechnete Führungsgerüst sei mit Spannstreben aus Rundeisen von $F = 7{,}8$ qcm Querschnitt versehen.

Es ist hier $d = 10{,}1$ m, $\cos\beta = 0{,}775$, $J_1 = 29576$ cm^4, $\frac{E}{E'} = \frac{1}{2}$ und es wird nach Formel (31)

$$\delta = \frac{1}{1 + \frac{3 \cdot 29576 \cdot 1010}{2 \cdot 2 \cdot 7{,}8 \cdot 640^3 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}0495}} = 0{,}732.$$

Damit berechnet sich nach Formel (32)

$$\overline{S}_1 = 0{,}631\ S_1.$$

Für radiale Führungen wurde oben gefunden:

$$P_0 = 8911\text{ kg};\ S_1 = 12166\text{ kg},$$

mithin wird $\overline{S}_1 = 7677$ kg

und nach (33)

$$D_1\cos\beta = \frac{0{,}732}{2 \cdot 0{,}2225} \cdot 8911 - 0{,}732 \cdot 7677 = 9038\text{ kg}.$$

Die auf die Säule 0 radial wirkende Kraft wird sonach

$$P_0 - 2(S_1 + D_1\cos\beta)\sin\frac{\alpha}{2} = 8911 - 7439 = 1472\text{ kg},$$

und die hierdurch im Sockelquerschnitt der Säule hervorgerufene Biegungsspannung

$$\sigma = \frac{1472 \cdot 560}{1408} = 565\text{ kg/qcm}.$$

Durch die auf die Säule übertragene Längskraft $D_1 \sin\beta = 7370$ kg wird die Zugspannung noch um 52 kg/qcm vermindert. Gegenüber den Beanspruchungen, welche für das ohne Verstrebung ausgeführte Gerüst berechnet wurden, ergiebt sich in dem betrachteten Beispiele durch die Anbringung der Streben eine Verringerung der Zugspannung in den Säulen um etwa 63 v. H. Allerdings ist dabei vorausgesetzt, dafs die Zugbänder bei einer Belastung der Säulen sofort in Wirkung treten, also nicht schlaff sind. Sie müssen daher mit Spannung eingebracht werden.

b) Die mit ihrem Fufse eingespannten Säulen sind durch zwei wagerechte Ringe und dazwischen liegende Strebenkreuze verbunden (Abb. 30). Eine strengere Behandlung dieses Falles wird schon sehr umständlich. Denkt man sich wieder nur die Säule 0 in den Knotenpunkten durch die Kräfte P' und P'' radial belastet, so treten Zugkräfte in den Stäben D_1' D_2'' und D_1'' auf, während die übrigen schrägen Stäbe geringe Druckbeanspruchungen erfahren, durch die sie, wie man annehmen kann, aufser Wirkung gebracht werden.

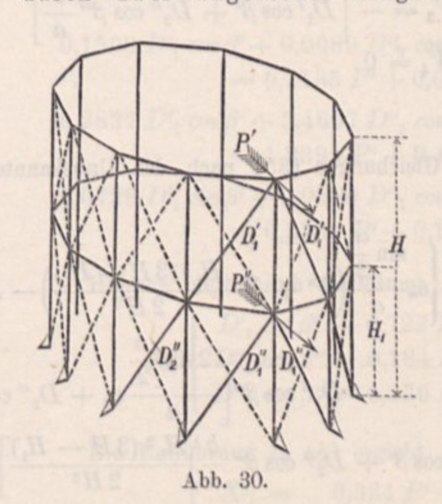


Abb. 30.

Es sei F' und F'' die Querschnittsfläche der oberen, bezw. unteren schrägen Stäbe, d' und d'' ihre Länge, β' und β'' ihr Winkel gegen die Wagerechte, ferner E' das Elasticitätsmafs

der schrägen Stäbe, E jenes der Säulen. Wird unter $\mathfrak{A}$ die Formänderungsarbeit des ganzen Gerüstes verstanden, so folgen zunächst aus den Beziehungen

$$\frac{d\mathfrak{A}}{dD_1'}=0,\quad \frac{d\mathfrak{A}}{dD_1''}=0,\quad \frac{d\mathfrak{A}}{dD_2''}=0,$$

die Gleichungen:

$$(34)\left\{\begin{aligned}
&X_1'\left[2\sin^2\frac{\alpha}{2}+b\,\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\right]+X_2'\,a\,\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}+X_1''\left[2\sin^2\frac{\alpha}{2}\,\frac{3H-H_1}{2H_1}+b\right]\frac{H_1^3}{H_3}+X_2''\,a\,\frac{H_1^3}{H_3}\\
&+D_1'\cos\beta'\left[2\sin^2\frac{\alpha}{2}+b\,\frac{H_1^3}{H^3}+\frac{3d'EJ_1}{E'F'H^3\cos^2\beta'}\right]+D_1''\cos\beta''\,2\sin^2\frac{\alpha}{2}\,\frac{(3H-H_1)H_1^2}{2H^3}+D_2''\cos\beta''\,a\,\frac{H_1^3}{H^3}=\\
&=\left[P'+P''\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\right]\sin\frac{\alpha}{2}\\
&(X_1'+D_1'\cos\beta')\sin\frac{\alpha}{2}\,\frac{3H-H_1}{2H_1}+X_1''\sin\frac{\alpha}{2}+D_1''\cos\beta''\left[\sin\frac{\alpha}{2}+\frac{3d''EJ_1}{F''E'H_1^3\cos^2\beta''\sin\frac{\alpha}{2}}\right]=\tfrac{1}{2}\left[P'\,\frac{3H-H_1}{2H_1}+P''\right]\\
&(X_1'a+X_2'b)\frac{3H-H_1}{2H_1}+(X_1''a+X_2''b)+D_1'\cos\beta'\,a+D_2''\cos\beta''\left[b+\frac{3EJ_1d''}{F''E'H_1^3\cos^2\beta''}\right]=0.
\end{aligned}\right.$$

Weiter ergiebt sich aus:

$$\frac{d\mathfrak{A}}{dX_1'}=0\qquad \frac{d\mathfrak{A}}{dX_1''}=0$$
$$\frac{d\mathfrak{A}}{dX_2'}=0\qquad \frac{d\mathfrak{A}}{dX_2''}=0$$
$$\ldots\qquad\ldots$$

wenn wieder zur Abkürzung

$$X_r'+\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}X_r''=U_r$$
$$X_r'\,\frac{3H-H_1}{2H_1}+X_r''=V_r$$

gesetzt wird:

$$(35)\left\{\begin{aligned}
&U_1(1+\mu)+U_2=\left[P'+P''\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\right]\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}-D_1'\cos\beta'\,\frac{1}{a}\left(2\sin^2\frac{\alpha}{2}+b\,\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\right)-\\
&\qquad-\left(D_1''\,\frac{2\sin^2\frac{\alpha}{2}}{a}+D_2''\right)\cos\beta''\,\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\\
&U_1+\mu U_2+U_3=-\left[D_1'\cos\beta'+D_2''\cos\beta''\,\frac{b}{a}\right]\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\\
&U_2+\mu U_3+U_4=0\\
&\ldots\\
&V_1(1+\mu)+V_2=\left[P'\,\frac{3H-H_1}{2H_1}+P''\right]\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}-D_1'\cos\beta'\,\frac{1}{a}\left[2\sin^2\frac{\alpha}{2}\,\frac{3H-H_1}{2H_1}+b\right]-D_1''\cos\beta''\,\frac{2\sin^2\frac{\alpha}{2}}{a}-D_2''\cos\beta''\\
&V_1+\mu V_2+V_3=-\left[D_1'\cos\beta'+D_2''\cos\beta''\,\frac{b}{a}\right]\\
&V_2+\mu V_3+V_4=0\\
&\ldots
\end{aligned}\right.$$

Die Auflösung der Gleichungen (35) nach den Unbekannten U und V giebt nach Einführung der Hülfsgröfsen e nach den Gleichungen (19):

$$\begin{aligned}
U_1=&\frac{1}{(1+\mu)e_n+e_{n-1}}\left\{e_n\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a}\left(P'+P''\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\right)-D_1'\cos\beta'\left[2\,\frac{\sin^2\frac{\alpha}{2}}{a}e_n+\left(\frac{b}{a}e_n+e_{n-1}\right)\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\right]-\right.\\
&\left.\qquad-D_1''\cos\beta''\left[\frac{2\sin^2\frac{\alpha}{2}}{a}e_n+D_2''\cos\beta''\left(e_n+\frac{a}{b}e_{n-1}\right)\right]\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\right\}
\end{aligned}$$

$$U_2=\frac{e_{n-1}}{e_n}\left[U_1+\left(D_1'\cos\beta'+D_2''\cos\beta''\,\frac{b}{a}\right)\frac{H_1^2(3H-H_1)}{2H^3}\right]$$

$$U_3=\frac{e_{n-2}}{e_{n-1}}U_2$$

$$\ldots$$

$$U_r=\frac{e_{n-r+1}}{e_{n-1}}U_2$$

$$\ldots$$

$$V_1 = \frac{1}{(1+\mu)e_n + e_{n-1}} \left\{ e_n \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a} \left(P' \frac{3H - H_1}{2H_1} + P'' \right) - D_1' \cos\beta' \left[\left(2 \frac{\sin^2\frac{\alpha}{2}}{a} \frac{3H - H_1}{2H_1} + \frac{b}{a} \right) e_n + e_{n-1} \right] - \right.$$
$$\left. - D_1'' \cos\beta'' \frac{2\sin^2\frac{\alpha}{2}}{a} e_n - D_2'' \cos\beta'' \left(e_n + \frac{b}{a} e_{n-1} \right) \right\}$$

$$V_2 = \frac{e_{n-1}}{e_n} \left[V_1 + D_1' \cos\beta' + D_2' \cos\beta'' \frac{b}{a} \right]$$

$$V_3 = \frac{e_{n-2}}{e_{n-1}} V_2$$

$$V_r = \frac{e_{n-r+1}}{e_{n-1}} V_2$$

. . .

Mit den Gröfsen U und V folgen aber die Spannkräfte X aus

$$X'_r = \frac{2}{4H^3 - (3H - H_1)^2 H_1} \left[2H^3 U_r - H_1^2 (3H - H_1) V_r \right]$$

$$X''_r = \frac{2}{4H^3 - (3H - H_1)^2 H_1} \left[2H_1 V_r - (3H - H_1) U_r \right] \frac{H^3}{H_1}$$

und zwar erhält man:

$$(36) \ldots \begin{cases} X'_1 = \dfrac{e_n}{(1+\mu)e_n + e_{n-1}} \left[P' - 2D'_1 \cos\beta' \sin\dfrac{\alpha}{2} \right] \dfrac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a} \\ X'_2 = \dfrac{e_{n-1}}{e_n} X'_1 \\ X'_3 = \dfrac{e_{n-2}}{e_n} X'_1 \\ \ldots \\ X''_1 = \dfrac{e_n}{(1+\mu)e_n + e_{n-1}} \left[\left(P'' - 2D''_1 \cos\beta'' \sin\dfrac{\alpha}{2} \right) \dfrac{\sin\frac{\alpha}{2}}{a} - D'_1 \cos\beta' \left(\dfrac{b}{a} + \dfrac{e_{n-1}}{e_n} \right) - D''_2 \cos\beta'' \left(1 + \dfrac{b}{a} \dfrac{e_{n-1}}{e_n} \right) \right] \\ X''_2 = \dfrac{e_{n-1}}{e_n} \left[X''_1 + D'_1 \cos\beta' + D''_2 \cos\beta'' \dfrac{b}{a} \right] \\ X''_3 = \dfrac{e_{n-2}}{e_n} \left[X''_1 + D'_1 \cos\beta' + D''_2 \cos\beta'' \dfrac{b}{a} \right] \\ \ldots \end{cases}$$

Man hat nun $X'_1\ X'_2\ X''_1$ und X''_2 in die Gleichungen (34) einzusetzen und kann daraus die Spannungen der Schrägstäbe $D'_1\ D''_1\ D''_2$ berechnen. Mit diesen ergeben sich schliefslich aus den Gleichungen (36) auch die Ringspannungen X. Kennt man aber diese, so ist jetzt auch die Beanspruchung der Säulen leicht zu ermitteln. Zur Erläuterung diene das nachstehende Beispiel.

Beispiel.

Das auf S. 445 nachgerechnete Führungsgerüst, das 18 Säulen und einen doppelten wagerechten Ring besitzt, sei mit Schrägbändern von $F = 8$ qcm Querschnitt ausgefacht.

Es ist für dieses Gerüst

$$\sin\frac{\alpha}{2} = 0{,}1736$$
$$a = -0{,}9397$$
$$\frac{b}{a} = \frac{\mu}{2} = -1{,}064$$
$$e_n = 10{,}193$$
$$e_{n-1} = 7{,}155.$$

Hiermit wird nach den Formeln (36)

$$(A) \begin{cases} X'_1 = 0{,}433\,P' - 0{,}1503\,D'_1 \cos\beta' \\ X'_2 = 0{,}702\,X'_1 \\ X''_1 = 0{,}433\,P'' - 0{,}1503\,D''_1 \cos\beta'' - 0{,}8496\,D'_1 \cos\beta' \\ \qquad + 0{,}594\,D''_2 \cos\beta'' \\ X''_2 = 0{,}304\,P'' - 0{,}1055\,D''_1 \cos\beta'' + 0{,}1055\,D'_1 \cos\beta' \\ \qquad - 0{,}330\,D''_2 \cos\beta'' \end{cases}$$

Setzt man diese Werthe, ferner $\cos\beta' = 0{,}613$, $\cos\beta'' = 0{,}707$, $d' = 11{,}65$ m, $d'' = 10{,}1$ m, $E = E'$, $J_1 = 0{,}004545$ m^4, $F' = F'' = 0{,}0008$ qm, $H = 16{,}4$ m, $H_1 = 7{,}2$ m in die Gleichungen (34) ein, so erhält man, wenn die erste und dritte dieser Gleichungen durch a dividirt wird,

$$0{,}1598\,D'_1 \cos\beta' + 0{,}0089\,D''_1 \cos\beta'' + 0{,}0062\,D''_2 \cos\beta'' = 0{,}1185\,P' + 0{,}0256\,P''$$
$$0{,}2827\,D'_1 \cos\beta' + 5{,}4667\,D''_1 \cos\beta'' + 0{,}1031\,D''_2 \cos\beta'' = 1{,}2391\,P' + 0{,}4288\,P''$$
$$0{,}0728\,D'_1 \cos\beta' + 0{,}0380\,D''_1 \cos\beta'' + 1{,}1017\,D''_2 \cos\beta'' = 0{,}3195\,P' + 0{,}1096\,P''.$$

Hieraus folgt durch Auflösung

$$(B) \begin{cases} D'_1 \cos\beta' = 0{,}722\,P' + 0{,}154\,P'' \\ D''_1 \cos\beta'' = 0{,}184\,P' + 0{,}068\,P'' \\ D''_2 \cos\beta'' = 0{,}236\,P' + 0{,}087\,P''. \end{cases}$$

Die Einführung in (A) ergiebt

$$(C) \begin{cases} X'_1 = 0{,}324\,P' - 0{,}023\,P'' \\ X'_2 = 0{,}702\,X'_1 \\ X''_1 = -0{,}500\,P' + 0{,}343\,P'' \\ X''_2 = -0{,}020\,P' + 0{,}284\,P''. \end{cases}$$

Auf S. 446 wurde bei Annahme radialer Führungen der Druck im oberen Rollenkranze zu $P_0 = 8207$ kg, jener im

unteren Rollenkranze zu $P'_0 = 5567$ kg berechnet, und ferner ermittelt, dafs hiervon auf den oberen Ring

$$P' = 0{,}8575\, P_0 = 7037 \text{ kg},$$

auf den unteren Ring

$$P'' = 0{,}2711\, P_0 + P'_0 = 7792 \text{ kg}$$

entfallen. Nach der an obiger Stelle durchgeführten Berechnung wird die Spannung des ersten Ringstückes bei einem Vieleck von 18 Seiten

$$S_1 = 4{,}0409\, X_1 = \frac{4{,}0409}{0{,}702} X_2 = 5{,}756\, X_2,$$

daher

$$\bar{S}'_1 = 4{,}0409\, X'_1 = 1{,}3092\, P' - 0{,}0929\, P'' = \mathbf{8490} \text{ kg}$$

und, weil nach (C)

$$X''_1 = \frac{1}{0{,}702} X''_2 - 0{,}0615\, P'' - 0{,}472\, P',$$

$$\bar{S}''_1 = 5{,}756\, X''_2 - 0{,}0615\, P'' - 0{,}472\, P'$$
$$= 1{,}573\, P'' - 0{,}645\, P' = \mathbf{7719} \text{ kg}.$$

Ferner wird nach (B)

$$D'_1 \cos\beta' = 0{,}722 \cdot 7037 + 0{,}154 \cdot 7792 = 6281 \text{ kg}$$
$$D''_1 \cos\beta'' = 0{,}184 \cdot 7037 + 0{,}068 \cdot 7792 = 1825 \text{ „}$$
$$D''_2 \cos\beta'' = 0{,}236 \cdot 7037 + 0{,}087 \cdot 7792 = 2339 \text{ „}.$$

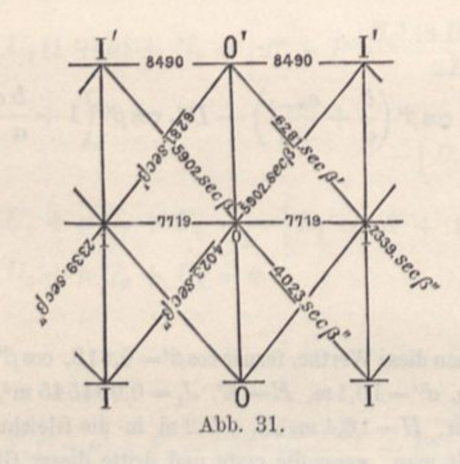


Abb. 31.

Berücksichtigt man, dafs die Knotenpunkte der Säulen I I′ mit $P' \cdot \cos\alpha$ und $P'' \cdot \cos\alpha$ belastet sind, so ergiebt sich die Spannung der Schrägen ${}^0\mathrm{I}'$ zu $(6281 \cdot \cos\alpha) \sec\beta' = 5902 \sec\beta'$, jene der Schrägen ${}_0\mathrm{I}$ zu

$$(1825 + 2339 \cdot \cos\alpha) \sec\beta'' = 4023 \cdot \sec\beta''.$$

Hiernach würde die gröfste Spannung der Schrägstäbe des oberen Geschosses

$$D' = 6281 \cdot \sec\beta' = \mathbf{10246} \text{ kg},$$

jene des unteren Geschosses

$$D'' = 4023 \cdot \sec\beta'' = \mathbf{5690} \text{ kg}$$

betragen.

Die auf die Knotenpunkte der Säule OO' wirkenden wagerechten Kräfte berechnen sich wie folgt:

Auf O' $\quad 2 \cdot \left(8490 + 6281\right) \sin\frac{\alpha}{2} = 5128$ kg,

auf O $\quad 2 \cdot \left(7719 + 5902 + 4023\right) \sin\frac{\alpha}{2} = 6126$ kg.

Es wird also das auf den Fufs der Säule entfallende Moment, da $P_0 = 8207$ und $P_0' = 5567$ in der Höhe von 15,4 m und 7,2 m angreifen,

$$M_2 = 8207 \cdot 15{,}4 + 5567 \cdot 7{,}2 - 5128 \cdot 16{,}4 - 6126 \cdot 7{,}2$$
$$= 38\,264 \text{ kgm}.$$

Bei einem Widerstandsmoment des Säulenquerschnittes von 9091 cm³ wird sonach die gröfste Biegungsspannung

$$\sigma = \frac{3826400}{9091} = \pm\, \mathbf{421} \text{ kg/qcm}.$$

Hierzu kommt noch eine durch die Schrägstäbe übertragene Achsialspannung von — 12 kg/qcm. Gegenüber der für die wirkliche Ausführung berechneten Inanspruchnahme von $\sigma = 684$ kg/qcm ergiebt sich bei Anordnung der Ausfachung eine Verminderung der gröfsten Zugspannung in den Säulen um 275 kg/qcm, also um etwa 40 v. H. Allerdings werden dabei die Schrägstäbe ziemlich hoch (bis zu 1280 kg/qcm) beansprucht.

Brünn, im März 1892.

Halle a. S., Buchdruckerei des Waisenhauses.